

Aus dem Institut für Anästhesiologie der
Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

**UNTERSUCHUNGEN ZUM ENERGIE-, EIWEISS-,
WASSER- UND ELEKTROLYTHAUSHALT
UNTER
PRÄOPERATIVEN KARENZBEDINGUNGEN**

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, den
Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von

Rolf Lange
aus Twistringen (Niedersachsen)

Mainz 1974

Aus dem Institut für Anästhesiologie der
Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

**UNTERSUCHUNGEN ZUM ENERGIE-, EIWISS-,
WASSER - UND ELEKTROLYTHAUSHALT
UNTER
PRÄOPERATIVEN KARENZBEDINGUNGEN**

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, den
Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von

Rolf Lange
aus Twistringen (Niedersachsen)

Mainz 1974



Fachbereichsdekan: Professor Dr..R. Wolf

Referent : Professor Dr. M. Halmagyi

Korreferent : Professor Dr. K.-H. Bäßler

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
A: Einleitung	1
B: Umsatz der Nahrungsstoffe	6
C: Eigene Untersuchungen	23
I. Fragestellung	23
II. Probanden	24
III. Untersuchungsbedingungen und -Anordnung	25
IV. Untersuchungsmethoden und -Größen	27
V. Statistische Auswertungsmethoden	40
D: Ergebnisse	42
E: Diskussion	54
F: Schlußfolgerung	66
G: Zusammenfassung	70
H: Literaturverzeichnis	71
I: Lebenslauf	30



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A: EINLEITUNG
 =====

Die Zeit der Renaissance war die Geburtsstunde für zahlreiche Erkenntnisse, die den Mechanismus und Stoffwechsel des Lebens erklären sollten.

Leonardo da Vinci (1452-1519) beschrieb, daß ein tierisches Lebewesen nur in einer Atmosphäre existenzfähig ist, in der auch eine Flamme brennen kann. Diese Erkenntnis blieb jedoch drei Jahrhunderte ungenützt, vielleicht vergessen, wahrscheinlich unverstanden (74). Die Heilkunde hatte in jenen Zeiten ihre hervorragenden Pflegestätten an den Universitäten Oberitaliens. In Padua beschäftigte sich der Professor für theoretische Medizin Sanctorius (1561-1636) mit dem Problem, daß das Gewicht der eingeführten Nahrung größer ist als das Gewicht der ausgeschiedenen Kot- und Urinmengen. Irgendein wägbarer Stoff mußte also unsichtbar den Körper verlassen haben. Sanctorius nannte in seinem Lebenswerk "De medicina statica aphorismi" diesen Vorgang die "perspiratio insensibilis" (75).

Van Helmont (1577-1644) beschrieb ein neues Gas, in welchem das Leben unmöglich ist. Dieses "Waldgas" ist das Kohlendioxyd. Stahl (1660-1734), der Leibarzt des Königs Friedrich Wilhelm I von Preußen, stellte die Hypothese auf, daß alle brennbaren Stoffe eine

Substanz, das "Phlogiston", enthalten, welche die Verbrennung ermögliche. Man suchte das Phlogiston in der Atmosphäre und fand Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff.

Priestley (1733-1804) berichtete folgendes grundlegendes Experiment: er ließ eine Kerze in einem kleinen, von der Atmosphäre abgesperrtem Raum, solange brennen, bis sie von selbst verlöschte. In den gleichen Raum stellte er eine wachsende grüne Pflanze. Nach einer Reihe von Tagen fand er, daß eine Kerze wiederum in diesem Raum brennen konnte. Diese Erkenntnisse wurden durch weitere Versuche von Cavendish (1731-1810), Rutherford (1749-1819) und Black (1728-1794) erweitert. Ausgehend davon, machten Lavoisier (1743-1794) und Laplace im Jahre 1780 ihre für die Ernährungsphysiologie grundlegenden Untersuchungen.

Das Entscheidende seines Experiments mit Meerschweinchen hielt Lavoisier mit folgenden Worten fest: "Die zweierlei Art der Wärme - animalische Wärme und Verbrennungswärme der Kohle - haben nahezu den gleichen Effekt. Wir können direkt, ohne Hypothese, schließen, daß die tierische Wärme zum größten Teil durch die Umwandlung von Sauerstoff in Kohlendioxyd entsteht." Fast gleichzeitig wurden diese Überlegungen von Crawford (1748-1795) in England bestätigt. Den Höhepunkt des wissenschaftlichen Schaffens Lavoisiers bilden die ersten Respirationsversuche. Wenn auch die Versuchsordnung nicht überliefert ist, die Resultate sind erhalten: danach ist die Menge des aufgenommenen Sauerstoffs und des ausgeschiedenen Kohlendioxyds von Umgebungstemperatur, Nahrungsaufnahme und Arbeit abhängig.

Mit Justus von Liebig (1803-1873) begann eine neue Periode der Stoffwechselforschung. Von Liebig stammt die Einteilung der Nahrungsstoffe in Eiweiß, Kohlenhydrate und Fette (50). Er konnte zeigen, daß es nicht Kohlenstoff und Wasserstoff sind, die im Organismus verbrennen, sondern die hochmolekularen Nahrungsstoffe selbst, die dem oxydativen Abbau unterliegen. Die Menge des im Eiweiß enthaltenen Stickstoffs war Liebig durch seine Elementaranalyse bekannt, und er sprach bereits die Vermutung aus, daß die Stickstoffmenge des Urins ein Maß für die Eiweißumsetzung im Tierkörper sein könne. Dieser Gedanke Liebigs veranlaßte Voit (1831-1908) und Pettenkofer zu umfangreichen Tierversuchen, die ergaben, daß man aus der N- und CO_2 -Ausscheidung und aus dem Sauerstoffverbrauch mit ziemlicher Genauigkeit die zum Abbau gelangten Brennstoffe berechnen kann.

Das Studium der Verbrennungsvorgänge breitete sich in der Folgezeit rasch aus. Die neuen Ergebnisse verbinden wir mit den Namen der Physiologen Rubner, Zuntz, Lusk, Benedikt, Du Bois, der Kliniker von Müller, Magnus-Levy, Grafe, Means und Boothby.

Mit der Entdeckung des ersten zellfreien Fermentsystems durch Buchner begann die Enzymchemie, die bald zu der Isolierung von Substanzen des Zwischenstoffwechsels führte. Die Abbauege aller Nahrungsstoffe mündeten relativ rasch, meist über energiereiche Acetylverbindungen, in den Zitronensäurezyklus von Krebs und Martius, in dem der größte Teil des Energieumsatzes stattfindet.

Dennoch ist die Ernährungslehre eine Wissenschaft des 20. Jahrhunderts. W.O. Atwater vervollständigte um 1900 die erste ausführliche Analyse von Nahrungsmitteln. Später waren es die Arbeiten von Rubner, Atwater, Lusk und Du Bois, die zeigten, daß die Mengen des verbrauchten Sauerstoffs, des gebildeten Kohlendioxyds und der entwickelten Energie genau die Gleichen sind, ob die Verbrennung des in Frage stehenden Nährstoffes im menschlichen Körper oder in der Calorimeterbombe stattfindet. Im Falle der stickstoffhaltigen Verbindungen (Eiweiß) liefert der Körper Harnstoff und Ammoniak als Endprodukte, während in der Bombe mit höherer calorischer Ausbeute Nitrat entsteht. Es wurden die Begriffe physiologischer und physikalischer Brennwert geprägt. Die Entwicklung der exakten direkten Calorimetrie geht auf Rubner zurück. Rubners Apparat war für Untersuchungen an Hunden gebaut; nahezu gleichzeitig konstruierte Atwater zusammen mit dem Physiker Rosa das erste für die Arbeit am Menschen brauchbare Calorimeter.

Die Pioniere der gasanalytischen Calorimetrie waren Regnault und Reiset (1849), die als Erste das ausgeschiedene Kohlendioxyd maßen. Die gasanalytische Calorimetrie kann in sogenannten offenen Systemen (nach Zuntz) oder geschlossenen (nach Benedikt) erfolgen. Von letzterem wurde auch der Begriff des Nüchterumsatzes definiert. In der Praxis hat sich dagegen die Bezeichnung Grundumsatz durchgesetzt. Zahlreiche Autoren gaben in der darauffolgenden Zeit Standards für den Sollumsatz an, die sie nach verschiedenen Gesichtspunkten bestimmten. Die gebräuchlichsten sind die Standards nach Harris - Benedikt (1919),

bezogen auf Größe, Gewicht, Alter und Geschlecht (), nach Aub und Du Bois (1917), nach Boothby, Berkson und Dunn (1936), nach Lewis, Duval und Tliff (1943), nach Fleisch (1951) und nach Robertson und Reid (1952), letztere alle bezogen auf Quadratmeter, Oberfläche und Stunde. Man weiß heute, daß die älteren Standards zu hoch sind, da sie auf Untersuchungen beruhen, die an ungeübten Personen gemacht wurden.

Die Höhe des Grundumsatzes steht unter dem Einfluß verschiedener Faktoren. Nach Zuntz und Du Bois besteht jedoch eine gewisse individuelle Konstanz, die sie nach wiederholten Selbstversuchen mit jahrelangen Intervallen feststellen konnten. Wie Krogh 1923 gezeigt hat, ist sehr eiweißarme Ernährung in der Lage, den Grundumsatz um wenige Prozente zu senken. Nach Gessler (1925) unterliegt er jahreszeitlichen Schwankungen von 3,5% (4%) und nach Du Bois (1936) bestehen rassische Unterschiede. Auch die Auswirkungen von Pharmaka auf den Stoffwechsel wurden ausführlich untersucht. Eine Steigerung findet man regelmäßig nach Zufuhr von Atropin (nach Higgins 1915), Coffein (nach Means 1917), Tabak (nach Dill 1934) und Adrenalin (nach Griffith 1951). Senkend wirken Morphinum und Barbiturate.

Auch bei einer Reihe von Krankheiten wurden typische und gelegentlich differentialdiagnostische verwertbare Veränderungen des Grundumsatzes beobachtet. Gesteigert besonders beim Morbus Basedow, Thyreoiditis, Leukämien und der Akromegalie, gesenkt beim Hypopituitarismus, Myxödem, Diabetes und der Epilepsie.

B: UMSATZ DER NAHRUNGSTOFFE

=====

I. Energieumsatz

Der menschliche Organismus stellt ein System dar, das heißt, er tauscht mit seiner Umgebung ständig Materie und Energie aus. Befindet sich das System in stationärem Zustand, so gelten die beiden Bilanzgleichungen:

$$\begin{aligned}\text{Massenzufuhr} &= \text{Massenausscheidung} \\ \text{Energiezufuhr} &= \text{Energieabgabe}\end{aligned}$$

Die Zufuhr von Materie und Energie erfolgt im wesentlichen in Form der drei Nährstoffgruppen Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße. Zur Energiegewinnung werden die Kohlenhydrate und Fette fast ausschließlich zu CO_2 und H_2O oxydiert, während der Eiweißabbau noch energiehaltige Stickstoffverbindungen liefert. Die Energieabgabe erfolgt in Form der Wärmeabgabe, der mechanischen Arbeit und der Ausscheidung energiehaltiger Verbindungen. Der Energieumsatz hat die Dimension einer Leistung und wird in Kcal/Tag angegeben. 1 Kcal ist diejenige Energiemenge, die benötigt wird, um 1 Liter Wasser von $14,5^\circ$ auf $15,5^\circ$ zu erwärmen (63). Für den Organismus sind der Grundumsatz, der Ruheumsatz und der Arbeitsumsatz definiert.

Der Grundumsatz ist der Kalorienverbrauch eines nüchternen, körperlich und geistig ruhenden Menschen bei Indifferenztemperatur (etwa 20°C). Er entspricht dem

Grundstoffwechsel plus der Wärmeproduktion zur Erhaltung der Körpertemperatur plus dem Minimum an innerer Arbeit (27). Der Grundumsatz ist vor allem abhängig von der Körpergröße und dem Körpergewicht, dann von Alter und Geschlecht.

Der Ruheumsatz, der im Liegen oder im Sitzen bestimmt wird, ist gegenüber dem Grundumsatz infolge einer Umsatzsteigerung durch Haltearbeit, Wärmeregulation und Verdauung um ca. 15% erhöht.

Der Arbeitsumsatz stellt den Gesamtumsatz bei körperlicher Tätigkeit dar. Er variiert je nach der in einer bestimmten Zeit verrichteten Arbeit. Auf Dauer kann ein Mensch etwa 5000 Kcal/Tag umsetzen, da die Kapazität des Magen-Darm-Trakts die Nahrungsaufnahme begrenzt.

Zur Bestimmung des Energieumsatzes sind verschiedene Methoden entwickelt worden. Man geht von der Voraussetzung aus, daß sich der Organismus im stationären Zustand befindet. Dann gilt für einen bestimmten Zeitraum die Bilanz: Energie der zugeführten Nährstoffe - Energie der Ausscheidungsprodukte = abgegebene Wärme + verrichtete mechanische Arbeit. Die Größen auf beiden Seiten der Gleichung lassen sich getrennt bestimmen, damit sind zunächst zwei Wege zur Ermittlung des Energieumsatzes aufgezeigt:

- a.) die Umsatzbestimmung anhand einer Energiebilanz der Nährstoffe und der Ausscheidungsprodukte. Dabei wird die Nahrungsmenge mit dem physiologischen Brennwert der Nahrung multipliziert. Allerdings setzt diese Methode einen konstanten Energiebestand des Organismus voraus und gestattet keine kurzfristigen Untersuchungen.

b.) bei der sogenannten direkten Calorimetrie wird die Wärmeabgabe des Organismus in einem Calorimeter gemessen; die mechanische Arbeit der Versuchsperson ist für die Ermittlung des Gesamtumsatzes gesondert zu bestimmen, soweit sie nicht in Wärme überführt wird, sondern die potentielle Energie des Calorimetersystems vermehrt.

Einen dritten Weg stellt die Umsatzbestimmung über den O_2 -Verbrauch, die sog. indirekte Calorimetrie dar. Die Methode ist in ihrer Anwendung einfacher als die beiden zuvorgenannten Verfahren und liegt dieser Arbeit zugrunde. Bei der vollständigen Oxydation einer organischen Verbindung wird in stöchiometrischen Verhältnissen O_2 verbraucht und CO_2 sowie Energie freigesetzt, und es läßt sich die Energie zur verbrauchten Menge O_2 bzw. zur gebildeten Menge CO_2 in Beziehung setzen. Die stoffspezifischen Quotienten freigesetzte Energie/verbrauchte Menge O_2 bzw. freigesetzte Energie/gebildete Menge CO_2 heißen die kalorischen Äquivalente des O_2 bzw. des CO_2 .

Tab. 1 Mittlere kalorische Äquivalente des Sauerstoffs für die Nährstoffgruppen KH, Fette und Eiweiße (79).

Nährstoffgruppe	mittl. kalorische Äquivalente des O_2 (Kcal/Nl O_2)
Kohlenhydrate	5,047
Fette	4,686
Eiweiße	4,485

Wird ein Stoff oxydiert, so ergibt die Multiplikation der verbrauchten Menge O_2 oder der gebildeten Menge CO_2 mit den zugehörigen kalorischen Äquivalenten die freigesetzte Energie. Es empfiehlt sich, bei der indirekten Calorimetrie den O_2 -Verbrauch zugrunde zu legen, da respiratorische und metabolische O_2 -Änderungen schneller und vollständiger übereinstimmen als die entsprechenden CO_2 -Änderungen. Der O_2 -Verbrauch läßt sich im offenen oder im geschlossenen Respirationssystem leicht ermitteln. Die indirekte Calorimetrie besitzt gegenüber der direkten Calorimetrie wesentliche Vorteile: erstens sind der O_2 -Verbrauch und die CO_2 -Ausscheidung einfacher zu messen als die Wärmeabgabe des Organismus; zweitens erfaßt die indirekte Calorimetrie neben der Wärmeabgabe auch die gesamte äußere Arbeit des Organismus, da die Oxydation der Nährstoffe für beide Voraussetzung ist; und drittens ist die Versuchsperson während der Umsatzbestimmung mittels der indirekten Calorimetrie nicht unbedingt an einen festen Meßplatz gebunden, wenn die O_2 -Aufnahme und die CO_2 -Abgabe im offenen System gemessen werden. Die indirekte Calorimetrie weicht nach Berg et al. von der direkten um 1 bis 2,2% ab (12), während Schubert fand, daß bei einem Energieumsatz von weniger als 2500 Kcal die indirekte Calorimetrie höhere und bei einem Energieumsatz von mehr als 2500 Kcal niedrigere Werte als die Messung der Kalorienzufuhr liefert (63).

In der Literatur finden sich zahlreiche Angaben über die Höhe des Energieumsatzes. Ein bettlägeriger, afebriler erwachsener Patient benötigt eine tägliche Zufuhr von

1600-1800 Kcal (34). Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß etwa 10% der Nahrungskalorien ungenutzt mit den Fäces und dem Urin ausgeschieden werden (2). Nach Truniger beträgt der kalorische Bedarf in Ruhe 25-30 Kcal pro kg Körpergewicht (76), und die Regel fordert nach Schubert eine parenterale Zufuhr von 25 Kcal/kg Tag.

Penčev bezieht seine Angaben auf kg Körpergewicht und Minute und fand für liegende Personen 0,018 Kcal/kg min und für schlafende 0,015 Kcal/kg min (60) und Banerjee bestimmte den Energieumsatz bei 21 gesunden Studenten im Alter von 18-20 Jahren nach 1 Stunde Ruhe durch indirekte Calorimetrie im offenen System auf 0,017 Kcal/kg min (9).

In Versuchen an Kaninchen bei völliger Nahrungskarenz stellte Rubner fest, daß der Energieumsatz/kg unverändert bleibt, d.h. die Abnahme proportional dem Gewichtsverlust ist (65).

Bei einem Energieausgleich in der postoperativen Phase für den Karenzzeitraum muß berücksichtigt werden, daß der kalorische Bedarf auf das Doppelte ansteigen kann (76). Jähne berichtet von einem signifikanten Anstieg des Grundumsatzes mit einem Maximum von + 58% nach 2-4 Stunden postoperativ (40). Die Höhe ist abhängig vom Alter und bei jüngeren Patienten am niedrigsten. Eine Normalisierung tritt bis zum 7. bis 9. Tag nach der Operation ein.

II. Der Eiweiß-, Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel

Unter physiologischen Bedingungen setzt sich die umgesetzte Nahrung und damit der Energiegewinn des Körpers fast ausschließlich aus Eiweiß, Kohlenhydraten und Fetten zusammen. Aufgrund des allgemeinen Ernährungsproblems der Weltbevölkerung sind zahlreiche Untersuchungen unternommen worden, um eine optimale Ernährung zu gewährleisten.

Eiweißstoffwechsel

Proteine gehören zu den nicht ersetzbaren Bestandteilen unserer Nahrung. Sie liefern dem Körper Aminosäuren und Stickstoff zum Aufbau körpereigener Eiweiße und Stickstoffverbindungen. Aminosäuren sind für die Gewebsneubildung während des Wachstums, der Schwangerschaft, Bildung von Struktureiweißen in der Zelle und ihrer Ausstattung mit Zell- und Verdauungsenzymen, Hormon-, Antigen- und Antikörperbildung und zur Hämoglobinsynthese erforderlich. Darüber hinaus sind Proteine zur Aufrechterhaltung des onkotischen Druckes und eines normalen Wasser- und Säure-Basen-Haushaltes notwendig.

Vor der Resorption werden makromolekulare Nahrungsproteine durch Verdauungsenzyme zu Peptiden und Aminosäuren abgebaut. Nach der Resorption stehen die Aminosäuren für die Resynthese von Körpereiweiß zur Verfügung. Eiweiß wird wie alle Strukturen des Organismus ständig auf- und abgebaut. Bei hoher Eiweißzufuhr werden einige Organe eiweißreicher, so daß wahrscheinlich eine gewisse Eiweißspeicherung möglich ist (Beweis durch Arbeiten von Whipple (75)).

Beim gesunden Menschen mit normaler Kost sind Eiweißaufbau- und abbau etwa gleich groß; der Körper befindet sich im Eiweißgleichgewicht. Änderungen dieses Gleichgewichtes kann man am besten durch eine Stickstoffbilanz erkennen, da sich fast der gesamte Stickstoff in einem festen Gewichtsanteil (16%) im Körpereiwweiß befindet. Bei ungenügender Eiweißzufuhr und/oder unterkalorischer Ernährung kommt der Körper in eine negative Stickstoffbilanz. Dagegen führt eine besonders proteinreiche Ernährung durch Enzyminduktion zur Gluconeogenese. Hormone vermögen den Eiweißstoffwechsel zu beeinflussen: Steroide der Nebennierenrinde und Schilddrüsenhormone haben eine eiweißabbauende, katabole Wirkung. Insulin, Wachstumshormon und Testosteron wirken eiweißaufbauend, anabol.

Bei einem gesunden Erwachsenen von 70 kg Körpergewicht beträgt der Körperbestand an Eiweiß nach Aebi (3) 14 kg (12 kg), wovon etwa täglich 140 g (120 g) entsprechend 20 g (18 g) Stickstoff abgebaut werden. Die Werte in Klammern beziehen sich auf Angaben von Davidson u.a. (23). Im Urin erscheinen davon durchschnittlich 13 g und im Stuhl 1,5 g Stickstoff. Daraus folgt, daß offenbar ein Teil der durch Abbau freigesetzten Aminosäuren in einem inneren Kreislauf für die Synthese neuer Proteinmoleküle verwendet wird. Bei einer völlig eiweißfreien Ernährung sinkt die tägliche Stickstoffausscheidung auf 3,5 g ab, was einem Eiweißumsatz von 21 g/die entsprechen würde. (76). Dies ist das sogenannte Stickstoff- oder Eiweißminimum und entspricht der Eiweißabnutzungsquote durch den Verlust von Darmsekreten, Epithelien und bestimmten eiweißgebundenen Stoffwechselprozessen (nach Ditschuneit 0,21 g Prot/kg bzw. 0,034 g N/kg) (24). Erst bei einer täglichen Zufuhr von 45-50 g Eiweiß (0,65 g pro kg Körpergewicht und Tag) wird die Stickstoffbilanz ausgeglichen (71); dies ist das sogenannte Eiweißbilanzminimum.

Das Bilanzminimum genügt jedoch nicht auf die Dauer zur Aufrechterhaltung der körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit. Der tatsächliche Bedarf wurde von Kraut und Lehmann als "funktionelles Eiweißminimum" definiert und beträgt 65-70 g Eiweiß (47). Die erforderliche tägliche Menge an Eiweiß ist nicht konstant, sondern hängt von Alter, Ernährungszustand, Schwangerschaft, Stillperiode, biologischer Wertigkeit der Proteine, sowie vom Gehalt an Fett und Kohlenhydraten in der Nahrung ab.

Nach Cremer (22) wird bei völliger Nahrungskarenz vermehrt Eiweiß abgebaut, um den Energiebedarf des Körpers zu decken. Dagegen stellt Ditschuneit (24) fest, daß auch bei negativer Kalorienbilanz der Proteinverbrauch nicht gesteigert wird und der Eiweißabbau auf 15-25 g/die gedrosselt wird.

Kohlenhydratstoffwechsel

Die Kohlenhydrate sind mit den Fetten die wichtigste Energiequelle unserer Nahrung. Die Resorption der KH erfolgt nach enzymatischer Spaltung in der Form der Monosaccharide. Durch vererbten oder erworbenen Mangel (fehlende Enzymadaptation) an Enzymen in der Dünndarmschleimhaut kann es zur Malabsorption kommen. Die Speicherform der Kohlenhydrate beim Menschen ist das Glykogen; etwa 400 g beim Erwachsenen (71). Der Körper ist auch in der Lage, aus Aminosäuren Kohlenhydrate zu bilden (Gluconeogenese), insbesondere unter dem Einfluß von Cortisol. Umgekehrt haben die Kohlenhydrate einen proteinsparenden Effekt, d. h., bei eiweißarmer aber ausreichender KH- und Kalorienzufuhr nimmt der Abbau von körpereigenem Eiweiß ab. Eine stark eingeschränkte Kohlenhydrat-Zufuhr (unter 10 % der Nahrungskalorien) führt zu Ketose, Hyperlipidämie und

Hyperurikämie. In diesem Zusammenhang ist das Ergebnis von Lutz (32) interessant, der im Selbstversuch bei vierjähriger kohlenhydratfreier Kost eine beachtliche Hebung des Allgemeinbefindens und der Stimmungslage, eine eindrucksvolle Steigerung körperlicher und geistiger Leistungsfähigkeit, sowie eine Behebung von Untergewichtigkeit und muskulärer Hypotonie feststellen konnte. Bei einer erhöhten Zuckerzufuhr kommt es zur Erhöhung der Triglyzeride im Blut und zur Vermehrung des Fettdepots (Lipogenese).

Fettstoffwechsel

Fette sind wegen ihres hohen Brennwertes ($1g = 9,3 \text{ Cal}$) die wichtigste Form der Energiespeicherung beim Menschen und wegen ihrer Bedeutung bei der Resorption fettlöslicher Vitamine, sowie des Gehaltes an essentiellen Fettsäuren ein wichtiger Bestandteil unserer Nahrung. Das Fettgewebe eines gesunden Mannes beträgt zwischen 8 und 15 kg, bei einer gesunden Frau etwa 10 - 20 kg. Ein erhöhtes Angebot an Fett und Fettsäuren bei fettreicher Ernährung und eine verstärkte Lipolyse führen zur Ketogenese. Durch allosterische Aktivierung und Induktion von Enzymen kommt es bei hohem Fettsäureangebot auch zur Gluconeogenese. Die Muskulatur ist in der Lage, ihren Energiebedarf zu einem großen Teil aus Fettsäuren zu decken, z.B. bei Hunger und beim Diabetes mellitus. Eine stark verminderte Fettzufuhr braucht die Gesundheit nicht unbedingt zu beeinflussen, da der Körper imstande ist, Fett aus anderen Kalorienträgern zu bilden, jedoch mit Ausnahme der essentiellen Fettsäuren, wie Linol-Linolen- und Arachidonsäure. Der Bedarf an essentiellen Fettsäuren

liegt ungefähr bei 2% der Kalorienzufuhr. Die untere Sollgrenze der Fettzufuhr liegt nach Starling (46) bei mindestens 20 Cal%, festgelegt durch das beschränkte Fassungsvermögen des Magen-Darm-Trakts. Bei kompletten Fasten wird der Energiehaushalt nahezu vollständig auf die alleinige Verbrennung von Fettsäuren umgestellt (24). Die verstärkte Fettverbrennung führt bei über 50 Cal% (34) zum erhöhten Anfall von β -Hydroxybuttersäure, Aceto-Azetat und Azeton. Dennoch bleibt die Säure-Basen-Regulation voll kompensiert. Voigt u.a. berichten über gleichartige Erfahrungen (78). Übersteigt die Fettzufuhr 85 Cal%, kommt es zur Unverträglichkeit (46).

Nährstoffanteile der peroralen Ernährung

Nach einer Empfehlung der deutschen Gesellschaft für Ernährung (51) beträgt der Bedarf eines gesunden, erwachsenen Menschen 15 Cal% $\pm$ 75 g Eiweiß, 55-60 Cal% $\pm$ 390 g KH und 25-30 Cal% $\pm$ 75 g Fett, also eine Gesamtmenge von 540 g. Diese Angaben werden von verschiedenen Autoren mit geringfügigen Abweichungen bestätigt. Dazu eine kurze Übersicht..

	Eiweiß (Cal%)	KH (Cal%)	Fett (Cal%)
Hegemann (34)	12	66	22
Gräfe (31)	14-15	59-61	25-26
Lang und Ranke (47)	12-15	60	20-30

	Eiw. (g)	KH (g)	Fett (g)
Pose et al. (61)	85	380	85
Bedarfvorschlag der Niederlande (32)	70	440	75
20-29 J., 176cm, sitzend			
g/kg Körpergewicht	Eiw.	KH	Fett
Wirths in Ludwig (51) 1964	1,0	5,0	1,1

Der tatsächliche Verzehr in der BRD 1965/66 setzte sich aus 11 Cal% Eiweiß, 49 Cal% KH und 40 Cal% Fett zusammen, wobei sich die Gesamtkalorienzahl auf 2890 Cal belief (15).

III. Respiratorischer Quotient RQ

Für die Verbrennung jedes Nahrungsmittels wird Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxyd abgegeben. Das Verhältnis von abgegebenem CO_2 und aufgenommenem O_2 ist der respiratorische Quotient RQ und beträgt für Kohlenhydrate 1,000, für Eiweiß 0,801 und für Fette 0,707 (74). Die O_2 -Aufnahme für Fett und Eiweiß ist also größer als die CO_2 -Abgabe, bei Stärke ist sie gleich groß. Bei einer gemischten Diät beträgt der RQ durchschnittlich 0,82 (71), während er bei mindestens 12 stündiger Nahrungskarenz bei 0,83 liegt (40).

IV. Säure-Basen-Haushalt

Als Normalwerte im Kapillarblut (mit Doppelbestimmung), die sich auf 38°C beziehen und als Mittelwert und 95% Bereich angegeben sind, fand Astrup (7) bei 65 anscheinend normalen Personen:

tatsächlicher pH	:	7,388 (7,351-7,424)
tatsächlicher pCO ₂	:	39 mm Hg (34-45)
Standard-Bikarbonat	:	23,0 (21,3-24,8)
Basenüberschuß d. Bluts:		0 mval/l (-2,3 bis +2,3)

Diese Werte werden von mehreren Autoren, zum Teil mit geringen Abweichungen, voll bestätigt (27, 54, 76).

V. Umsatz der Flüssigkeiten und Elektrolyte

Bei vollständiger Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz wird durch die ständige Ausscheidung mit dem Urin und der Perspiratio insensibilis der Bestand des Körpers an Wasser und Elektrolyten vermindert. Um die verschiedenen Veränderungen im Wasser-Elektrolyt-Haushalt besser beurteilen zu können, werden die funktionellen Flüssigkeitsräume als Dreikammersystem (57) beschrieben: nach Bland (13) sind das Plasma mit 5%, die extrazelluläre Flüssigkeit mit 11%, die intrazelluläre Flüssigkeit mit 40% und die Gesamtflüssigkeit also mit 56% am Gesamtkörpergewicht beteiligt. Der Wassergehalt des Körpers ist jedoch stark abhängig vom Fettansatz; nach Precht (62) beträgt er bei 70 kg Körpergewicht 10 kg = 14% und der Wassergehalt 60%. Die tägliche Gesamtflüssigkeitszufuhr wird einheitlich mit 2000 bis 2500 ml angegeben, bzw. nach Borneff (15) etwa ein Bedarf von 35-45 ml/kg

Körpergewicht für Erwachsene, zusammengesetzt aus 1000 bis 1500 ml Trinkmenge, 700 ml in Speisen und 300 ml Oxydationswasser, das bei der Verbrennung der Nahrungsstoffe im Körper entsteht. Die Wasserabgabe unterteilt sich in die Urinmenge von 1000-1500 ml, 100 ml im Stuhl und die Perspiratio insensibilis et sensibilis von etwa 900 ml, davon wiederum 500 ml über die Haut und 400 ml über die Lunge (71). Die Wasserabgabe durch Atmung ist abhängig von der Ventilationsgröße, der Temperatur und dem Wasserdampfdruck der Luft. Besonders der insensible Wasserverlust wurde genauer untersucht und zuverlässige Messungen von Jores et al. unter schwierigen Bedingungen haben gezeigt, daß die Hautwasserabgabe 600-1000 ml/24 Stunden in Ruhe beträgt (18). Truniger (76) gibt für afebrile Personen bei normaler Außentemperatur eine Perspiration von 1000 ml an und Benedict (42) beschreibt 15-60ml pro Stunde, während Newburgh (27) seine Angaben auf den Energieverbrauch bezieht und 41,4 ml/100 Kcal für den extrarenalen Wasserverlust fand.

Die Verluste über Haut und Lungen, ausgenommen beim Schwitzen, sind elektrolytfrei und die Elektrolytausscheidungen mit dem Stuhl so gering, daß praktisch die gesamten Elektrolytverluste aus dem Harn berechnet werden können, vorausgesetzt, daß wir es - wie in unserem Fall - mit gesunden Versuchspersonen zu tun haben. Wasser- und Elektrolythaushalt müssen ausgeglichen sein, deshalb fordert Hutschenreuther (37), daß die Therapie postoperativer Störungen im Wasser- und Elektrolythaushalt bereits in der präoperativen Phase beginnt.

In der Literatur finden sich zahlreiche Angaben über den Bedarf und die Ausscheidung der Elektrolyte Na^+ und K^+ . Nach Arnold (4) beträgt der Na^+ -Bestand des Körpers etwa 3000mval, davon 2000mval extrazellulär, der Rest ist fest im Knochen

gebunden. Truniger (76) gibt Werte von 60mval/kg Körpergewicht für das gesamte Körpernatrium an, davon sind 40mval/kg Körpergewicht austauschbar. Die Angaben über den täglichen Na^+ -Bedarf weichen zum Teil erheblich voneinander ab. Carstensen (18) fordert eine Zufuhr von 80 bis 120mval, davon werden 90mval im Urin ausgeschieden, dagegen gibt Siegenthaler (71) Ausscheidungswerte von 94-261mval Na^+ an. Dossetor u.a. (25) konnten außerdem Tagesschwankungen feststellen: Maxima für Na^+ und K^+ -Exkretion liegen morgens und nachmittags bzw. abends, für K^+ gewöhnlich früher als Na^+ . Volle Aktivität verschiebt die Na-Spitze auf einen späteren Zeitpunkt, hat jedoch keinen Einfluß auf K^+ . Abbott (1) berichtet über Ergebnisse an zwei 23 Jahre alten männlichen Versuchspersonen unter Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz von 48 Stunden und erhielt eine tägliche Ausscheidung von 22,7mval Na^+ und 68mval K^+ . Der Gesamt- K^+ -Gehalt des Körpers beläuft sich nach Carstensen (18) auf 3300mval, davon befinden sich 97-98% intrazellulär und werden 60mval/Tag ausgeschieden. Dagegen gibt Arnold (4) einen K^+ -Bestand von 4000-5000mval an, davon extrazellulär 70-77mval. Die K^+ -Ausscheidung erfolgt zu 80% im Urin und 20% gehen im Stuhl verloren. Nach Lang (45) ist der K^+ -Bedarf noch nicht gesichert. Es werden jedoch einheitlich von Abderhalden (2), Nöcker (58) u.a. 2 g pro Tag entsprechend 51mval angegeben, wobei der Mindestbedarf nach Siegenthaler (71) bei 0,8-1,3 g entsprechend 20-33mval liegt. Bäßler et al. (10) fordern eine individuelle K^+ -Gabe gemäß Körpermasse mit einer Mindestzufuhr von 1mval/kg. Tag oder 30-40mval/1000 Kcal. Weiterhin stellen sie fest, daß auch bei K^+ -freier Kost eine Mindestausscheidung von 50-60mval/Tag bestehen bleibt. Truniger (76) beschreibt einen normalen renalen Verlust von 35-90mval/Tag und einen enteralen Verlust von 5-10mval/Tag.

VI. Harnpflichtige Stickstoffsubstanzen

Die Harnstoffmenge als Endprodukt des Eiweißstoffwechsel ist, wenn keine Veränderungen der Körpersubstanz auftreten, von der Eiweißaufnahme abhängig.

Als Normalwerte gelten 20-35 g/24 Std. (27,54), während Jellinek u.a. (41) eine Tagesmenge von 20,6 $\pm$ 8 g angeben. Jähne u.a. (40) fanden bei Nahrungskarenz einen Durchschnittswert von 11,9 g/12 Std. für 65 Patienten im mittleren Lebensalter.

Anders als beim Harnstoff verhält es sich mit der Kreatininausscheidung. Diese ist nicht von der Nahrungszufuhr, sondern von der Masse der intakten Muskulatur abhängig und beim gleichen Menschen annähernd konstant (54) Nach Ryan u.a. (67) steht die Kreatininausscheidung in engerer Beziehung zur Zellmasse als zur Oberfläche und zum Körpergewicht. Er fand bei 5 gesunden Personen eine durchschnittliche Ausscheidung von 27,9 mg pro kg Körpergewicht und Tag und eine Gesamtausscheidung von 1820 mg/Tag. Nach Vestergaard und Leverett (72) ist die Ausscheidung außerdem Tageschwankungen unterworfen, wobei die nächtliche geringer ist als die des Tages. Sie erklären den Tag-Nacht-Rhythmus mit der geringeren nächtlichen glomerulären Filtrationsrate. Ergänzend sei das Ergebnis von Edwards u.a. (26) genannt, die nach sehr häufig wiederholten Messungen auch erhebliche Schwankungen bei denselben Probanden feststellen konnten.

Die Gesamt-Stickstoff-Ausscheidung ist in hohem Maße abhängig von der Nahrungszufuhr. Eine verminderte Eiweißaufnahme führt zunächst zu einer negativen N-Bilanz - d.h. Ausscheidung > Zufuhr - und anschließend zum Spareffekt. Die Einstellung des Bilanzgleichgewichts er-

fordert nach Kraut (43) etwa 10-14 Tage. Der normale tägliche N-Bedarf liegt bei etwa 10-20 g mit zum Teil großen individuellen Schwankungen (27, 54). Dies entspricht einer Eiweißzufuhr von 60-120 g. Das sogenannte funktionelle Eiweißminimum beträgt nach Kraut und Lehmann (47) 65-70 g Eiweiß. Dagegen beläuft sich der minimale N-Bedarf zur Erhaltung des N-Gleichgewichtes nach Truniger (76) auf etwa $3,5 \text{ g} \pm 21 \text{ g}$ Eiweiß bzw. nach Lang und Ranke (47) 2-3 mg N/Cal des Grundumsatzes ± 20 -30 g Eiweiß. Das Unterschreiten dieser Werte ist mit dem Leben nicht mehr vereinbar. Kraut (73) fand für 20-30 Jahre alte Probanden eine ausgeglichene N-Bilanz bei 102-127 mg N/kg Körpergewicht. Die Ausscheidung des Stickstoffs erfolgt über Urin und Faeces. Nach Loewy (79) werden von 100 g Fleisch 16,28 g N im Urin und 0,37 g N in den Faeces ausgeschieden. Der Kotstickstoff stammt aus nicht verdauten und nicht resorbierten Nahrungsbestandteilen, aus Darmflora und Verdauungsssekret. Entsprechend dem Kotverlust liegt die normale N-Urinausscheidung minimal unter den Werten für die Aufnahme bei 10-17 g/die (36). Bei der Untersuchung von 14 Patienten (29 - 49 Jahre, 61 - 81 kg) fanden Bedö u.a. (11) einen N-Verlust bei Nahrungskarenz von 9 g/die. Der Stickstoff-Verlust ist Ausdruck kataboler Vorgänge im Organismus. Dabei werden nach Danowski (19) unter physiologischen Bedingungen 2,38 mval K^+ /1 g Gesamt-N freigesetzt und ausgeschieden. Dagegen behauptet Carstensen, daß eine statistische Abhängigkeit der K^+ -Ausscheidung von der Größe der Stickstoff-Ausscheidung im Urin - in Übereinstimmung mit anderen Autoren - nicht festgestellt werden kann. Bäßler u.a. (10) empfehlen zur parenteralen Ernährung 2-3 mval K^+ / g Gesamt-N.

Die α -Aminosäuren-Stickstoff-Ausscheidung im Urin wird von allen Autoren unter physiologischen Bedingungen in der Größenordnung von 175-530 mg/Tag mit erheblichen Einzelschwankungen angegeben (27,54). Davon entfallen nach Zöllner (79) etwa 180 mg N $\pm$ 1,1 g Eiweiß auf freie Aminosäuren und außerdem werden noch 2 g gebundene Aminosäuren ausgeschieden, so daß der gesamte Stickstoffverlust durch Aminosäuren-Ausscheidung 500 mg/die beträgt. Das entspricht etwa 3% des Gesamt-Stickstoffs. Dagegen beschreibt Hoppe-Seyler (36) lediglich eine Ausscheidung von 0,5 - 2% des Gesamt-Stickstoffs. Erwähnt sei noch der erhebliche Anstieg der Ausscheidung von Bruchoperierten bei Nahrungskarenz auf 1032 mg/die $\pm$ 11,5 Gesamt-N% nach Bedö (11).

C: ==EIGENE UNTERSUCHUNGEN==

I. Fragestellung

In der für uns zugänglichen Literatur fanden wir bisher zum Teil widersprüchliche und keine mit unseren Untersuchungen vergleichbaren Angaben über das Verhalten des Energie-, Eiweiß-, Wasser- und Elektrolythaushalts unter präoperativen Karenzbedingungen.

Ausgehend von den Untersuchungen, wie sich bei 20 jungen, gesunden, männlichen Versuchspersonen der Energie-, Eiweiß-, Wasser- und Elektrolythaushalt unter vollständiger Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz in Ruhe über 22 Stunden - dies entspricht durchaus der Karenzdauer für Patienten im Rahmen der präoperativen Vorbereitung - verhält, soll eine Antwort auf die Frage gefunden werden, wie groß der Kalorienverbrauch, der Eiweißumsatz, sowie der Wasser- und Elektrolytverlust für den Karenzzeitraum ist, und in welcher Weise das Säure-Basen-Gleichgewicht beeinflusst wird.

Die Summe aller Ergebnisse versetzt uns in die Lage, für die in der Karenzzeit verlorengegangenen Substanzen quantitative und qualitative Angaben und damit eine ausgewogenere Infusionstherapie, als es bis jetzt der Fall war, zu ermöglichen. Dazu soll eine - zunächst rein theoretische - Infusionslösung erarbeitet werden, die alle Verluste hinsichtlich der Eiweiß- und Kohlenhydratverbrennung, sowie Stickstoff-, Wasser- und Elektrolytausscheidung vollständig ersetzt.

II. Probanden

Die Messungen wurden an 20 gesunden, männlichen, freiwilligen Versuchspersonen durchgeführt. Alle befanden sich in gutem Allgemein- und Ernährungszustand. Bei klinischer Untersuchung und bei Anamneseerhebung ergaben sich keine Anhaltspunkte für jetzige oder frühere Erkrankungen. Über die Alters-, Gewichts- und Größenverteilung orientieren die Abb. 1-3.

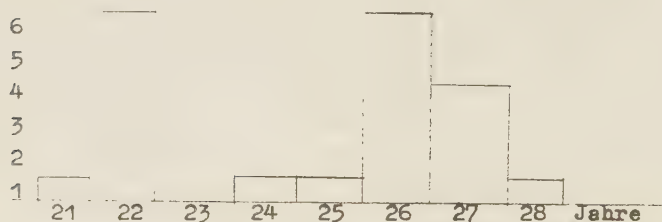


Abb. 1 Altersverteilung der Versuchspersonen zwischen 21 und 28 Jahren. Mittleres Alter 24,7 J

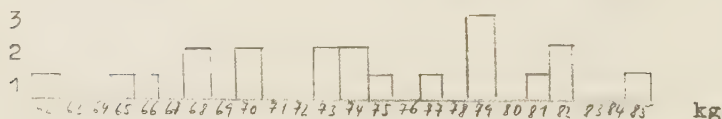


Abb.2 Gewichtsverteilung der Versuchspersonen zw. 62 und 85 kg. Mittleres Gewicht 74,1 kg.

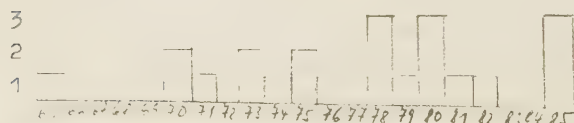


Abb. 3 Größenverteilung der Versuchspersonen zw. 165 und 185cm. Mittlere Körpergröße 177,1cm.

III. Untersuchungsbedingungen und - Anordnung

Zu den Bedingungen des Versuchs gehörte, daß die Probanden ab 12 Uhr des Versuchstages völlige Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz einhielten. Weiterhin mußten sie ab 18 Uhr strenge Bettruhe in einem neutralen Zimmer der Klinik bis zum Ende des Versuchs wahren. Die Messungen wurden um 20 Uhr, 24 Uhr und 10 Uhr des darauffolgenden Tages durchgeführt. Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit waren mit 21° und 70% annähernd konstant. Heiße, schwüle Tage wurden ausgelassen.

Jeweils eine Stunde vor Beginn der Messungen wird das HB-GU-Gerät in Betrieb genommen, um die Elektroden ausreichend anzuheizen, und damit exakte Ergebnisse zu erhalten. Während dieser Zeit muß das Gerät auf Durchlaß und Dichtigkeit geprüft werden. Ausgehend von der Gaszusammensetzung der atmosphärischen Luft (21% O_2) wird das offene System angewendet.

Unmittelbar vor Beginn des Versuchs wird der Proband aufgefordert, sich vollkommen zu entspannen und während der Dauer der Messungen bewegungslos liegen zu bleiben. Gleichzeitig wird ihm ein Y-Stück mit aufgesetztem Lippenstück in den Mund gegeben, sowie eine Nasenklemme aufgesetzt. Die Dichtheit wird kontrolliert, um etwaige Nebenluft auszuschließen. Anschließend gibt man dem Probanden Zeit, sich an die Atmung zu gewöhnen und wartet die Gleichmäßigkeit der Atemzüge ab. Nach nochmaliger Nullkontrolle und hinreichend ruhig erscheinender Atmung,

wird nun der pneumatische Umschalter auf Messung gestellt. Die Instrumentenzeiger für O_2 und CO_2 steigen langsam an und haben nach etwa 2 Minuten den Meßwert erreicht. Die nun folgende Messung dauert 10 Minuten. Die bei der Energieumsatzbestimmung benötigten Größen sind das Atemminutenvolumen, der O_2 -Verbrauch und die CO_2 -Produktion. Diese Größen werden auf elektrischem Wege mittels der Wärmeleitfähigkeitsmethode mit hinreichender Genauigkeit gemessen. Nach Ablauf der ersten und jeder folgenden Minute werden Atemvolumen, O_2 -Wert, CO_2 -Wert abgelesen und im Protokollblock eingetragen. Am O_2 -Instrument wird das O_2 -Defizit in Vol% als Differenz zu 21% O_2 gemessen. Der abgelesene CO_2 -Wert gibt die prozentuale Anreicherung von CO_2 in der Expirationsluft an. Ist zu erkennen, daß eine Beruhigung der Meßwerte während der ersten Minuten der Messung noch nicht eingetreten war, so wird vorteilhafterweise die Messung über die 10 Minuten hinaus verlängert und die ersten Minuten bleiben unberücksichtigt. Sobald die Messungen beendet sind, wird der pneumatische Umschalter auf Nullpunkt gestellt und der Patient vom Gerät getrennt. Stellen sich nach etwa 3 bis 5 Minuten die Zeiger nicht auf die Nullwerte ein, so ist rechnerisch eine Nullpunktkorrektur vorzunehmen. Die Nullpunktabweichung ist im allgemeinen $\pm 0,05\%$ O_2 bzw. CO_2 .

Mittelbar nach Beendigung der EU-Messungen werden mit Hilfe des Astrup-Gerätes drei pH-Werte des Blutes gemessen, nämlich tatsächlicher pH und pH nach Äquilibrium mit zwei verschiedenen, bekannten CO_2 -Drucken (4 mm Hg. und 40 mm Hg.).

Die Probanden sind aufgefordert, um 12 Uhr des Versuchstages vollständig die Blase zu leeren und den Urin in 2 Portionen von 12-24 Uhr und von 24-10 Uhr des darauffolgenden Tages zu sammeln.

Außerdem wurde das Körpergewicht zu Beginn des Versuches um 12 Uhr und am Ende des Versuches um 10 Uhr des nächsten Tages bestimmt und zwar mit einer Bettwaage, die eine Genauigkeit von 10g ermöglicht.

IV. Untersuchungsgrößen und Bestimmungsmethoden

1. Berechnung des Energieumsatzes = Istumsatz (27)

Die vom Körper aufgenommene O_2 -Menge, auf $0^\circ C$ und 760mmHg reduziert wird mit dem Wärmeäquivalent W entsprechend dem jeweiligen respiratorischen Quotienten RQ multipliziert und auf 24 Stunden aufgerechnet. Wenn die in 10 min aufgenommene Sauerstoffmenge mit S bezeichnet wird, so berechnet sich der EU für 24 Stunden zu

$$(1) \quad EU = 24 \cdot 6 \cdot \frac{b}{760} \cdot \frac{273,2}{273,2 + t} \cdot W \cdot S \text{ Kcal/Tag}$$

wenn b der Barometerdruck und t die Raumtemperatur bedeuten.

Das mittlere Wärmeäquivalent oder auch kalorische Äquivalent W des O_2 für die Nahrung ergibt sich aus der Beziehung

$$(2) \quad W = X_{KH} \cdot W_{KH} + X_F \cdot W_F + X_{EW} \cdot W_{EW}$$

wobei X die Menge der verbrannten Nahrung in g bedeutet.

Als kalorische Äquivalente gelten für:

KH	:	5,047 Kcal/Nl O_2
Fette	:	4,686 Kcal/Nl O_2
Eiweiß	:	4,485 Kcal/Nl O_2

Damit ergibt sich aus Gleichung (2)

$$(3) \quad W = 5,05 X_{KH} + 4,69 X_F + 4,48 X_{EW}$$

Zur weiteren Berechnung sind folgende zusätzliche Überlegungen erforderlich.

Die umgesetzte Nahrung besteht im wesentlichen aus KH, Fetten und Eiweißen, so daß die Summe ihrer Anteile gleich 1 gesetzt werden darf.

$$(4) \quad X_{KH} + X_F + X_{EW} = 1$$

Durch Umformung der Gleichung (4) ergibt sich für die umgesetzte Menge KH (X_{KH}) :

$$(5) \quad X_{KH} = \frac{1}{3} (10 RQ - 7 - X_{EW})$$

Die Ableitung dieser Gleichung folgt bei der Berechnung der umgesetzten Eiweiß-, Fett- und KH-Anteile am Grundumsatz.

Da der Eiweißanteil am Nährstoffumsatz recht konstant 15 (± 5)% beträgt, läßt sich unter der Annahme $X_{EW} = 0,15$ mit Hilfe der Gleichungen (3), (4) und (5) zwischen dem respiratorischen Quotienten und dem Wärmeäquivalent des Sauerstoffs ein linearer Zusammenhang ableiten.

$$(6) \quad W = X_{KH} \cdot W_{KH} + (1 - X_{KH} - 0,15) W_F + 0,15 W_{EW}$$

$$(7) \quad W = X_{KH} (W_{KH} - W_F) + 0,85 W_F + 0,15 W_{EW}$$

$$(8) \quad W = \frac{1}{3} 10RQ - 7 - 0,15 \cdot (W_{KH} - W_F) + 0,85 W_F + 0,15 W_{EW}$$

$$(9) \quad W = \frac{1}{3} 10RQ - 7 - 0,15 \cdot (5,047 - 4,686) + 0,85 \cdot 4,686 + 0,15 \cdot 4,485$$

$$(10) \quad W = 1,2 RQ + 3,80$$

Die übliche Schwankungsbreite des Eiweißanteils am Nährstoffumsatz von $\pm 5\%$ hat eine Schwankung des konstanten Faktors in Gleichung (10) zwischen 3,78 und 3,82 zur Folge. Trotz dieser Unsicherheit übersteigt der Fehler bei dieser vereinfachten Bestimmung des kalorischen Äquivalents für O_2 unter gewöhnlichen Bedingungen nicht 0,4%. Zur Bestimmung der verbrannten Sauerstoffmenge im Versuchszeitraum, wird das Atemvolumen von 10 min mit dem Sauerstoff-Defizit in % multipliziert.

$$(11) \quad S = \text{Atemvol} \cdot V \cdot \frac{O_2\text{-Defizit}}{100}$$

Aus den Gleichungen (1), (10) und (11) ergibt sich somit:

$$(4) \quad \text{EU/Tag} = 24 \cdot 6 \cdot \frac{b}{760} \cdot \frac{273,2}{273,2 + t} \cdot (1,2 \frac{CO_2\text{-Verbr.}}{O_2\text{-Defizit}} + 3,8) \text{Atemvol} \cdot V \cdot \frac{O_2\text{-Def.}}{100}$$

o d e r :

$$(5) \quad \text{EU/Tag} = 144 \cdot f \cdot (1,2 \text{ RQ} + 3,8) \cdot V \cdot \frac{O_2\text{-Defizit}}{100}$$

Der Faktor $f = \frac{b}{760} \cdot \frac{273,2}{273,2 + t}$ zur Reduktion des Sauer-

stoffverbrauchs auf Normalbedingungen läßt sich zur Erleichterung der Rechnung aus einer Reduktionstabelle 2 entnehmen.

Temperatur	735	740	745	750	755	760	b
19°	0,904	0,910	0,916	0,923	0,929	0,935	
20°	0,901	0,907	0,913	0,919	0,926	0,932	
21°	0,898	0,904	0,910	0,916	0,922	0,929	
22°	0,895	0,901	0,907	0,913	0,919	0,925	

Tab. 2 Reduktionstabelle für den Energieumsatz. Es

gilt: Faktor $f = \frac{-b}{760} \cdot \frac{273,2}{273,2 + t}$

2. Sollumsatzbestimmung

Die Grundzahlen für die Berechnung des Sollumsatzes unter Berücksichtigung von Gewicht, Größe, Alter und Geschlecht (nach Kestner-Knippling) sind den Tabellen 3a und b zu entnehmen. Die Summe der beiden Grundzahlen ergibt den Sollumsatz in Cal. Es sei nochmals betont, daß bei der Versuchsdurchführung keine echten Grundumsatzbedingungen vorherrschten.

Tab. 3a Grundzahl für Alter und Körperlänge

cm	21	22	23	24	25	26	27	28	J
165	684	677	670	663	657	650	643	636	
166	689	682	675	668	662	655	648	641	
167	694	687	680	673	667	660	653	646	
168	699	692	685	678	672	665	658	651	
169	704	697	690	683	677	670	663	656	
170	709	702	695	688	682	675	668	661	
171	714	707	700	693	687	680	673	666	
172	719	712	705	698	692	685	678	671	
173	724	717	710	703	697	690	683	676	
174	729	722	715	708	702	695	688	681	
175	734	727	720	713	707	700	693	686	
176	739	732	725	718	712	705	698	691	
177	744	737	730	723	717	710	703	696	
178	749	742	735	728	722	715	708	701	
179	754	747	740	733	727	720	713	706	
180	759	752	745	738	732	725	718	711	
181	764	757	750	743	737	730	723	716	
182	769	762	755	748	742	735	728	721	
183	774	767	760	753	747	740	733	726	
184	779	772	765	758	752	745	738	731	
185	784	777	770	763	757	750	743	736	

Tab. 3b Grundzahl für das Körpergewicht (Männer)

Gewicht kg	KCal	Gewicht kg	KCal
60	892	73	1070
61	905	74	1084
62	919	75	1098
63	933	76	1112
64	947	77	1125
65	960	78	1139
66	974	79	1153
67	988	80	1167
68	1002	81	1180
69	1015	82	1194
70	1029	83	1208
71	1043	84	1222
72	1057	85	1235

Bei Zwischengewichten wird interpoliert.

Weitere Tabellen zur Berechnung des Sollumsatzes wurden u.a. von Harris-Benedict, Aub und Dubois, sowie Boothby, Berkson und Dunn aufgestellt (27). Der Harris-Benedict-Standard basiert auf biometrischen Messungen. Vergleichsgrundlagen: Totalkalorien pro Std., Größe, Gewicht und Alter des Exploranden. Dagegen bezieht sich der Kalorienverbrauch bei Boothby et al., sowie bei Aub und Dubois auf Quadratmeter Körperoberfläche pro Stunde.

3. Abweichung des Istumsatz vom Sollumsatz

$$\text{Abweichung \%} = \frac{\text{Istumsatz} - \text{Sollumsatz}}{\text{Sollumsatz}} \cdot 100$$

Liegt der Istumsatz höher als der Sollumsatz, erhalten wir eine positive Abweichung; eine negative im umgekehrten Falle.

4. Respiratorischer Quotient (RQ)

Das Verhältnis von ausgeatmeter CO_2 -Menge zu aufgenommener O_2 -Menge bezeichnet man als Respiratorischen Quotienten. Dieses Verhältnis ist generell nicht identisch mit dem Konzentrationsverhältnis $\text{CO}_2 : \text{O}_2$, da Inspirations- und Expirationsvolumen im allgemeinen nicht gleich sind. Da jedoch die Abweichung sehr gering ist, wird hier auf eine Korrektur verzichtet.

5. Säure-Basenhaushalt

Die drei im Kapillarblut bestimmten pH-Werte, der aktuelle pH, der pH bei Äquilibration mit 4% CO_2 und der pH bei Äquilibration mit 8% CO_2 ermöglichen es, mit Hilfe des Siggaard-Andersen Nomogramms folgende Blutwerte zu ermitteln:

1. Standardbikarbonatgehalt in mval/l
2. Pufferbasen in mval/l
3. Basenüberschuß in mval/l
4. CO_2 -Partialdruck (PCO_2) in mmHg

6. Urinuntersuchungen

- a. Urinmenge in ml im Meßzylinder
- b. spezif. Gewicht in g/l mit dem Urinprober von Fa. Vogel
- c. Na- und K-Ionen in mval/l: durch flammenphotometrische Bestimmung nach Eppendorf (53).
- d. Osmolarität in mosmol/l: mit dem Osmometer von Knauer
- e. Kreatinin in mg%: photometrisch über Jaffésche Reaktion (54).
- f. α -Aminosäuren-Stickstoff nach Pope und Stevens (35).
- g. Gesamt-Stickstoff nach Kjeldahl (54).
- h. Harnstoff: durch Biochemica-Test-Combination TCUR nach J.K. Fawcett und J.E. Scott (14).

Die Gesamtausscheidung von Na, K, Harnstoff, α -Aminosäuren-N, Kreatinin und Gesamtstickstoff wird nach der Gleichung berechnet:

Gesamtausscheidung (in mval bzw. mg) =

$$\text{Stoffmenge (mval bzw. mg)} \frac{\text{Urinmenge}}{100}$$

Weiterhin wird für die beiden Versuchszeiträume der Na/K Quotient gebildet, sowie der K/Gesamt-N-Quotient für die Gesamtversuchszeit von 22 Stunden bestimmt.

7. Flüssigkeitshaushalt

Solange die Luft nicht wasserdampfgesättigt ist, wird durch die Atemluft und durch die Flüssigkeitsdiffusion durch die Haut dauernd eine gewisse Menge an Wasserdampf an die Umgebung abgegeben, die mit steigender Temperatur

ansteigt und mit zunehmender Feuchtigkeit abnimmt. Diese wird als Perspiratio insensibilis der Wasserdampfabgabe durch Schwitzen als Perspiratio sensibilis gegenübergestellt (63). Da die Probanden während der Versuchszeit praktisch nicht geschwitzt haben, kann die Perspiratio sensibilis = 0 gesetzt werden. Daraus folgt, daß der extrarenale Wasserverlust ausschließlich durch die Perspiratio insensibilis bedingt ist. Dieser berechnet sich aus dem Gewichtsverlust und der Urinmenge zu

Perspiratio insensibilis = Gewichtsverlust - Urinmenge

Zusätzlich wurde die Perspiratio pro kg Körpergewicht und Stunde ermittelt. Bei der Verbrennung von Eiweiß, KH und Fetten im Körper entsteht als eines der Endprodukte Wasser, das sogenannte Oxydationswasser. Die Menge ist abhängig vom Nahrungsstoff und wird auf 1 g des Stoffes bezogen (45).

Es gelten für	Eiweiß	0,396 ml H ₂ O/g
	KH	0,556 ml H ₂ O/g
	Fette	1,071 ml H ₂ O/g

Somit beträgt das gesamte Oxydationswasser:

Oxydationswasser(ml) = Eiweiß(g)0,396 + KH(g)0,556 + Fett(g)1,071

8. Berechnung der anteilmäßigen Zusammensetzung der Nahrung aus Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen

Um die Zusammensetzung der umgesetzten Nährstoffe anteilmäßig zu ermitteln, geht man von folgenden drei Überlegungen aus:

- a. Die umgesetzte Nahrung besteht im wesentlichen aus Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen, so daß die Summe ihrer Anteile gleich 1 gesetzt werden darf:

$$(1) \quad X_{KH} + X_F + X_{EW} = 1$$

- b. Der Stickstoffanteil beträgt bei den Eiweißen durchschnittlich 0,16; folglich gilt:

$$(2) \quad X_{EW} = \frac{\text{N-Ausscheidung (g)} \cdot \frac{1}{0,16}}{\text{Masse der umgesetzten Nahrung (g)}}$$

- c. Um weiterhin den Kohlenhydratanteil X_{KH} und den Fettanteil X_F zu ermitteln, wird der respiratorische Quotient RQ eingeführt. Er gibt das Verhältnis abgegebene Menge CO_2 /aufgenommene Menge O_2 an. Die mittleren respiratorischen Quotienten für die Nährstoffgruppen betragen:

$$\begin{aligned} RQ_{KH} &= 1,000 \\ RQ_F &= 0,707 \quad (79) \\ RQ_{EW} &= 0,801 \end{aligned}$$

Der mittlere RQ der Gesamtnahrung ist also:

$$(3) \quad RQ = X_{KH} \cdot RQ_{KH} + X_F \cdot RQ_F + X_{EW} \cdot RQ_{EW}$$

Aus dieser Beziehung entsteht bei Anwendung von Gleichung (1) der Ausdruck:

$$(4) \quad RQ = X_{KH} \cdot RQ_{KH} + (1 - X_{KH} - X_{EW}) \cdot RQ_F + X_{EW} \cdot RQ_{EW}$$

eine einfache Umrechnung ergibt:

$$(5) \quad RQ = RQ_F + X_{KH} (RQ_{KH} - RQ_F) + X_{EW} (RQ_{EW} - RQ_F)$$

durch Einsetzen der Werte für RQ_{KH} , RQ_F und RQ_{EW} folgt hieraus:

$$(6) \quad RQ = 0,7 + 0,3 X_{KH} + 0,1 X_{EW}$$

Somit beträgt der Kohlenhydratanteil

$$(7) \quad X_{KH} = \frac{10}{3} (RQ - 0,7 - 0,1 X_{EW}) = \frac{1}{3} (10 RQ - 7 - X_{EW})$$

bzw. mit Gleichung (2)

$$(8) \quad X_{KH} = \frac{1}{3} \left(10 RQ - 7 - \frac{N\text{-Ausscheidung (g)} \cdot 6,25}{\text{Gesamtmenge d. umgesetzten Nahrung(g)}} \right)$$

Nach Gleichung (8) läßt sich der KH-Anteil bestimmen, wenn der RQ, die N-Ausscheidung und die Menge der umgesetzten Nahrung bekannt sind. Der RQ und die N-Ausscheidung wurden gemessen, dagegen ist die Menge der umgesetzten Nahrung zu-

nächst unbekannt. Diese ergibt sich aus der Höhe der Kcal bei der Energieumsatzbestimmung/24 Stunden wie folgt:

vorausgeschickt sei die Definition der Begriffe physikalischer und physiologischer Brennwert:

Unter dem physikalischen Brennwert versteht man die entstandene Wärmemenge beim Verbrennen von Nährstoffen in der Calorimeterbombe, bezogen auf g.

$$KH = 4,1 \text{ Kcal}$$

$$\text{Danach gilt für 1g} \quad F = 9,3 \text{ Kcal}$$

$$Ew = 5,6 \text{ Kcal}$$

Der physiologische Brennwert ist die Differenz zwischen dem physikalischen Brennwert der Nährstoffe und dem physikalischen Brennwert der zugehörigen Ausscheidungsprodukte. Bei den KH und Fetten ist der physiologische Brennwert gleich dem physikalischen Brennwert, da ihre Ausscheidungsprodukte CO_2 und H_2O identisch sind mit ihren Endprodukten bei der Verbrennung in der Calorimeterbombe. Dagegen ist der physiologische Brennwert der Eiweiße kleiner als der physikalische, weil die Endprodukte des Eiweißstoffwechsels teilweise in der Calorimeterbombe noch weiter oxydiert werden können.

$$KH = 4,1 \text{ Kcal}$$

$$\text{Es gilt für 1g} \quad F = 9,3 \text{ Kcal}$$

$$Ew = 4,1 \text{ Kcal}$$

Durch Multiplikation des physiologischen Brennwertes mit dem kalorischen Umsatz wird die Menge der umgesetzten Nahrung ermittelt.

Die Menge des umgesetzten Eiweiß berechnet sich aus:

$$(9) \text{ Menge Eiweiß} = \text{N-Ausscheidung (g)} \cdot 6,25 + \frac{2}{22} \cdot \text{N-Ausscheidung} \cdot 6,25$$

$\frac{2}{22} \cdot \text{N-Ausscheidung} \cdot 6,25$ ergibt sich daraus, daß die N-Ausscheidung nur über 22 Stunden gemessen wurde und dadurch auf 24 Stunden hochgerechnet wird.

Der prozentuale Anteil verbrannten Eiweißes am Gesamtumsatz ergibt sich zu:

$$(10) \text{ prozentualer Anteil} = \frac{\text{Menge Eiweiß} \cdot 4,1}{\text{Energieumsatz}} \cdot 100$$

wobei 4,1 der physiologische Brennwert für Eiweiß bedeutet und der Energieumsatz das arithmetische Mittel der drei gemessenen Energieumsätze ist. Die Gleichungen (8) und (10) ermöglichen nunmehr, den prozentualen Anteil der KH Menge am Gesamtumsatz zu berechnen. Danach ergibt sich für

$$(11) \text{ proz. Anteil KH} = \frac{1}{3} (10\text{RQ} - 7 - \frac{\text{proz. Anteil Eiweiß}}{100}) \cdot 100$$

wobei der RQ das arithmetische Mittel aus den drei bestimmten RQ ist. Der prozentuale Anteil KH entspricht X Kcal des Gesamtumsatzes. Wird die Anzahl Kcal für KH durch den physiologischen Brennwert für KH (=4,1 Kcal/g) dividiert, so erhält man die umgesetzte Kohlenhydratmenge in g.

$$(12) \text{ KH(in g) = Energieumsatz} \cdot \frac{\text{proz. Anteil KH}}{100} \cdot \frac{1}{4,1}$$

Der prozentuale Anteil der Fettverbrennung läßt sich damit aus Gleichung (1) bestimmen:

$$\text{proz. Anteil Fette} = 100 - \text{proz. Anteil KH} - \text{proz. Anteil Ew}$$

Dies entspricht wiederum X Kcal des Gesamtumsatzes und ergibt durch den physiologischen Brennwert für Fett (=9,3Kcal/g) dividiert, die verbrannte Fettmenge in g

$$(13) \text{ Fett(in g) = Energieumsatz} \cdot \frac{\text{proz. Anteil Fett}}{100} \cdot \frac{1}{9,3}$$

Die gesamte umgesetzte Nahrung (in g) wird aus der Summe für Eiweiß, Fette und Kohlenhydrate bestimmt.

Die Ergebnisse aus der Berechnung für den prozentualen kalorischen Anteil von KH, Fetten und Eiweißen am Gesamtumsatz/24 Stunden, die umgesetzten Stoffmengen von KH, Fetten und Eiweißen, sowie die gesamte umgesetzte Nahrungsmenge sind in Tabelle 9 zusammengefaßt.

V. Statistische Auswertungsmethoden

1. Einfache Datenbeschreibung

Bei allen gemessenen und berechneten Daten wurden jeweils für 20 Versuchspersonen die Mittelwerte $\bar{x}$ und Standardabweichungen s ermittelt (20).

2. Doppelte Varianzanalyse

Wir prüften mit Hilfe der doppelten Varianzanalyse (56) ob durch die Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz die untersuchten Parameter verändert wurden. Faktor 1 sind die Zeitpunkte und Faktor 2 bilden die 20 Versuchspersonen. Faktor 1 unterteilt sich in zwei Gruppen: a.) drei Zeitpunkte um 20, 24 und 10 Uhr
b.) zwei Zeiträume von 12-24 und von 24-10 Uhr.
Diesen beiden Gruppen gehören folgende Parameter an:

- a. Atemvolumen, O_2 -Defizit, CO_2 -Gehalt der Ausatemungs-
luft, Energieumsatz, Abweichung des Energieumsatzes
zum Sollumsatz, Respiratorischer Quotient
Basenüberschuß, Standard-Bikarbonat, Pufferbasen, pCO_2
- b. Urinmenge, spezif. Gewicht, Osmolarität, $\frac{Na}{K}$ Quotient,
Na, K, Harnstoff, Kreatinin, ~~α~~-Aminosäuren-N
Gesamt-Stickstoff jeweils in mg% und mg.

Entsprechend den beiden Gruppen a. und b. erhalten wir für den errechneten F-Wert zwei verschiedene Signifikanzniveaus. Um ein statistisch auffälliges oder signifikantes Ergebnis zu erhalten, muß der F-Wert in Gruppe a. 3,52 bzw. 5,93 und in Gruppe b. 4,38 bzw. 8,18 erreichen oder überschreiten.

Es bedeuten :

S A Q	=	Summe der Abweichungsquadrate
Freiheitsgrade	=	1. Zeitpunkt (K - 1) 2. Anzahl der Versuchspersonen (n-1)
M A Q	=	mittleres Abweichungsquadrat
F	=	Quotient der mittleren abweichenden Quadrate von Faktor 1 und 2
++	=	Irrtumswahrscheinlichkeit unter 1% = signifikanter Unterschied
+	=	Irrtumswahrscheinlichkeit zwischen 1 und 5% = auffälliger Unterschied
-	=	Irrtumswahrscheinlichkeit mehr als 5% = kein Unterschied

Tab. 4a

Mittelwert $\bar{x}$ und Standardabweichung s für das Atemvolumen v (l/10 min),
 O_2 -Defizit (%) und CO_2 -Gehalt (%).

Meßgröße	Uhrzeit	$\bar{x}$	s
Atemvolumen v l/10 min	20	62,8	9,20
	24	58,3	8,12
	10	58,8	6,81
O_2 -Defizit %	20	5,41	0,727
	24	5,53	0,736
	10	5,65	0,714
CO_2 -Gehalt %	20	4,35	0,472
	24	4,38	0,536
	10	4,42	0,464

Tab. 4b

Varianzanalyse für das Atemvolumen v (l/10 min), O_2 -Defizit (%) und CO_2 -Gehalt (%)

- 43 -

Meßgröße	Streuungs- ursache	Faktoren	SAQ	Anzahl der Freiheits- grade	MAQ	F	Signifikanz
Atemvol v l/10 min	Zeitpunkte Versuchsp.	1	244,70	2	122,35	<1	-
		2	2876,05	19	151,37		
		Rest	867,47	38	22,82		
		Total	3988,23	59			
O_2 -Defizit %		1	0,59	2	0,29	<1	-
		2	25,15	19	1,32		
		Rest	4,90	38	0,12		
		Total	30,65	59			
CO_2 -Gehalt %		1	0,05	2	0,02	<1	-
		2	11,70	19	0,61		
		Rest	2,09	38	0,05		
		Total	13,85	59			

Tab. 5a

Mittelwert $\bar{x}$ und Standardabweichung s für den Energieumsatz (Cal), Sollumsatz (Cal), Abweichung des Energieumsatzes zum Sollumsatz (%) und Respiratorischer Quotient

Meßgröße	Uhrzeit	$\bar{x}$	s
Energieumsatz Kcal	20	2122,9	165,81
	24	2013,6	130,36
	10	2078,3	158,02
Sollumsatz		1804,6	104,65
Abweichung EU zum SU %	20	17,5	7,63
	24	11,6	5,06
	10	15,4	8,14
R Q	20	0,808	0,048
	24	0,794	0,048
	10	0,786	0,032

Tab. 5b Varianzanalyse für Energieumsatz (Cal), Abweichung zum Sollumsatz (%) und Respiratorischen Quotienten RQ.

- 45 -

Meßgröße	Streuungs- ursache	Faktoren	SAQ	Anzahl der Freiheits- grade	MAQ	F	Signifikanz
Energie- umsatz Kcal		1	120709,03	2	60354,51	1,10	-
		2	1043973,26	19	54945,96		
		Rest	275855,63	38	7259,35		
		Total	1440537,93	59			
Abweichung zum Soll- umsatz %	Zeitpunkte Versuchsp.	1	357,31	2	178,65	1,66	-
		2	2034,62	19	107,08		
		Rest	821,78	38	21,62		
		Total	3213,71	59			
R Q		1	0,01	2	0,00	<1	-
		2	0,08	19	0,00		
		Rest	0,02	38	0,00		
		Total	0,11	59			

Tab. 6a Mittelwert $\bar{x}$ und Standardabweichung für Basenüberschuß (mval/l), Standardbikarbonat (mval/l), Pufferbasen (mval/l) und $P\text{ CO}_2$ mmHg.

Meßgröße	Uhrzeit	$\bar{x}$	s
Basenüberschuß mval/l	20	+ 0,4	1,20
	24	+ 0,5	0,96
	10	+ 0,5	0,71
Standard-Bikar- bonat mval/l	20	24,7	1,00
	24	24,9	0,79
	10	24,7	0,63
Pufferbasen mval/l	20	50,5	2,23
	24	50,3	1,92
	10	49,6	1,86
$P\text{ CO}_2$ mmHg	20	38,5	2,82
	24	39,2	2,07
	10	40,4	1,75

Tab. 6b
 Varianzanalyse für Basenüberschuß (mval/l), Standardbikarbonat (mval/l), Puffer-
 basen (mval/l) und P CO₂ mmHg.

Meßgröße	Streuungs- ursache	Faktoren	SAQ	Anzahl der Freiheits- grade	MAQ	F	Signifikanz
Basenüber- schuß mval/l	Zeitpunkte Versuchsp.	1	0,08	2	0,04		
		2	38,44	19	2,02	<1	-
		Rest	16,37	38	0,43		
		Total	54,90	59			
Standard- Bikarbonat mval/l		1	0,31	2	0,15		
		2	28,96	19	1,52	<1	-
		Rest	9,86	38	0,25		
		Total	39,13	59			
Puffer- basen mval/l		1	7,96	2	3,98		
		2	165,27	19	8,69	<1	-
		Rest	66,57	38	1,75		
		Total	239,80	59			
P CO ₂ mmHg		1	37,06	2	18,53		
		2	183,38	19	9,65	1,92	-
		Rest	108,61	38	2,85		
		Total	329,05	59			

Mittelwert $\bar{x}$ und Standardabweichung s für die Urinmenge (ml), spezif. Gewicht (g/l), Osmolarität (mosmol/l), K^+ (mval/l), Na^+ (mval/l), Harnstoff (mg%), Aminosäurenstickstoff (mg%), Kreatinin (mg%) und Gesamtstickstoff (mg%).

Meßgröße	Uhrzeit	$\bar{x}$	s
Urinmenge ml	24 10	435,0 199,5	162,14 56,63
Spezif. Gewicht g/l	24 10	1024,9 1027,9	4,46 3,44
Osmolarität mosmol/l	24 10	832,0 952,5	119,79 127,10
K^+ mval/l	24 10	90,2 71,9	40,78 31,55
Na^+ mval/l	24 10	189,7 121,7	53,86 48,11
Harnstoff mg%	24 10	2008,0 3111,0	718,81 1095,04
Aminosäuren-N mg%	24 10	88,2 69,0	72,42 21,87
Kreatinin mg%	24 10	235,3 463,5	58,70 109,45
Gesamt-N mg%	24 10	1184,5 1807,5	222,26 422,26

Abb. 75
 Varianzanalyse für Urinmenge (ml), spez. Osmolarität (mosmol/l),
 K^+ (mval/l) und Na^+ (mval/l).

Meßgröße	Streuungs- ursache	Faktoren	SAQ	Anzahl der Freiheitsgr.	MAQ	F	Signifik.
Urinmenge ml	Zeitpunkte Versuchsp.	1	554602,50	1	554602,50	37,25	++
		2	284422,50	19	14969,60		
		Rest	276072,49	19	14530,13		
		Total	1115097,50	39			
Spez. Gewicht g/l		1	90,00	1	90,00	3,46	-
		2	434,90	19	22,88		
		Rest	169,00	19	8,89		
		Total	693,90	39			
Osmolarität mosmol/l		1	145323,02	1	145323,02	5,87	+
		2	471357,89	19	24808,31		
		Rest	108269,47	19	5698,39		
		Total	724950,39	39			
K^+ mval/l		1	3365,39	1	3365,39	1,82	-
		2	35096,24	19	1847,17		
		Rest	15433,93	19	812,31		
		Total	53895,56	39			
Na^+ mval/l		1	46308,02	1	46308,02	11,92	++
		2	73743,64	19	3881,24		
		Rest	25358,11	19	1334,63		
		Total	145409,78	39			

Tab. 7c

Varianzanalyse für Harnstoff (mg%), Aminosäuren-Stickstoff (mg%), Kreatinin (mg%)
und Gesamt-Stickstoff (mg%).

Meßgröße	Streuungs- ursache	Faktoren	SAQ	Anzahl der Freiheitsgr.	MAQ	F	Signifik.
Harnstoff mg%	Zeitpunkte Versuchsp.	1	12166090,00	1	12166090,00	7,78	+
		2	29784490,00	19	1567604,73		
		Rest	2816210,00	19	148221,57		
		Total	44766790,00	39			
Amino- säuren-N mg%		1	3705,62	1	3705,62	<1	-
		2	72255,96	19	3802,94		
		Rest	36507,41	19	1921,44		
		Total	112469,00	39			
Kreatinin mg%		1	520752,40	1	520752,40	61,40	++
		2	161112,97	19	8479,63		
		Rest	131995,59	19	6947,15		
		Total	813860,97	39			
Gesamt-N mg%		1	387506,25	1	387506,25	24,20	++
		2	304098,29	19	16005,17		
		Rest	132413,45	19	6969,12		
		Total	824017,99	39			

Tab. 8a

Mittelwert $\bar{x}$ und Standardabweichung s für Na^+ (mval), K^+ (mval), Na^+/K^+ Quotient, Harnstoff (mg), Aminosäuren-Stickstoff (mg) und K^+ /Gesamt-Stickstoff (mval/g).

Meßgröße	Uhrzeit	$\bar{x}$	s
Na^+ mval	24 10	80,8 25,0	31,15 13,36
K^+ mval	24 10	39,0 14,1	20,87 6,44
$\frac{\text{Na}^+}{\text{K}^+}$	24 10	2,54 1,96	1,449 1,033
Harnstoff mg	24 10	8394,0 6103,0	3737,41 2617,93
Aminosäuren-N mg	24 10	435,3 142,0	475,63 70,86
Kreatinin mg	24 10	958,2 875,7	214,93 131,33
Gesamt-N mg	24 10	4983,2 3527,6	1254,93 1070,89
$\frac{\text{K}^+ \text{ mval}}{\text{Gesamt-N g}}$	10	6,33	3,041

Tab. 8b

Varianzanalyse i. u. Na^+ (mval), K^+ (mval), Na^+/K^+ -Quotient, Harnstoff (mg), Aminosäuren-Stickstoff (mg), Kreatinin (mg) und Gesamt-Stickstoff (mg).

Meßgröße	Streuungs- ursache	Faktoren	SAQ	Anzahl der Freiheitsgr.	MAQ	F	Signifik.
Na^+ mval	Zeitpunkte Versuchsp.	1	31125,24	1	31125,24 640,84 508,21	48,60	++
		2	12176,03	19			
		Rest Total	9656,01 52957,29	19 39			
K^+ mval		1	6185,16	1	6185,16 306,23 171,26	20,20	++
		2	5818,39	19			
		Rest Total	3253,96 15257,52	19 39			
$\frac{\text{Na}^+}{\text{K}^+}$		1	3,45	1	3,45 2,34 0,80	1,47	-
		2	44,64	19			
		Rest Total	15,38 63,49	19 39			
Harnstoff mg		1	52486810,00	1	52486810,00 15510026,84 5311873,15		
		2	294690510,00	19			
		Rest Total	100925590,00 448102910,00	19 39			
Amino- säuren-N mg		1	860600,89	1	860600,89 124889,61 106361,77	6,89	+
		2	3272902,77	19			
		Rest Total	2020873,66 5254377,33	19 39			
Kreatinin mg		1	68062,50	1	68062,50 42844,36 20602,34	1,59	-
		2	814043,00	19			
		Rest Total	391444,50 1273550,00	19 39			
Gesamt-N		1	21186258,02	1	21186258,02 2356766,06 1205846,02	9,00	++
		2	44778555,72	19			
		Rest Total	22911074,46 88875887,76	19 39			

Tab. 9

Mittelwert $\bar{x}$ und Standardabweichung s für die Perspiratio insensibilis (ml), Perspiratio insensibilis pro kg Körpergewicht und Stunde (ml/kg.Std.), Oxydationswasser, Gewichtsabnahme, sowie der umgesetzten Stoffmengen von Eiweiß, Fetten und Kohlenhydraten und deren kalorischer Anteil.

Meßgröße	Uhrzeit	$\bar{x}$	s
Perspiratio insensibilis (ml)	10	685	186,2
Perspiratio insensibilis/kg. Std.	10	0,42	0,119
Oxydationswasser (ml)	10	244,9	14,9
Gewichtsabnahme (kg)	10	1,32	0,217
Eiweiß g	10	57,6	14,79
prozentualer Anteil %	10	11,42	2,894
KH g	10	142,3	58,48
prozentualer Anteil %	10	28,40	12,203
Fette g	10	133,8	32,79
prozentualer Anteil %	10	60,20	12,955
Gesamte umgesetzte Nahrung g	10	333,8	34,34

E. Diskussion

Energieumsatz

Zur Bestimmung des Energieumsatzes unter Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz bei 20 gesunden, männlichen Versuchspersonen, wurde für die drei Versuchszeiträume um 20, 24 und 10 Uhr das Atemvolumen v pro 10 min, das Sauerstoff-Defizit zwischen Ein- und Ausatemungsluft und der CO_2 -Gehalt der Ausatemungsluft gemessen. Alle drei Größen bewegen sich untereinander zu den verschiedenen Zeiten in sehr engen Grenzen, was für eine gewisse Konstanz und eine korrekte Versuchsdurchführung spricht. Das Atemminutenvolumen liegt im Mittel zwischen 5,83 und 6,28 l/min, also innerhalb der von Göpfert angegebenen Grenzen von 3-8 l/min (29). Dies gilt ebenso für das Sauerstoff-Defizit mit Grenzen von 3 bis 7% und Mittelwerten zwischen 5,41 - 5,65% und für den CO_2 -Gehalt mit Grenzen von 2-6% und Mittelwerten zwischen 4,35 und 4,42%. Es können keine statistisch auffälligen oder signifikanten Unterschiede zwischen den drei Versuchszeiten festgestellt werden.

Die Mittelwerte des Energieumsatzes betragen um 20 Uhr 2122,9 Kcal, um 24 Uhr 2013,6 Kcal und um 10 Uhr 2078,3 Kcal. Auch hier finden wir keinen statistisch auffälligen oder signifikanten Unterschied. Dennoch geben diese Ergebnisse Anlaß zu verschiedenen Überlegungen.

Bei der Nahrungsaufnahme findet eine Steigerung der Wärmebildung statt. Diese Steigerung hängt von Art und Menge der zugeführten Nahrungsstoffe ab. Die ver-

mehrte Wärmebildung bei der Verdauung wurde von Rubner als spezifisch-dynamische Wirkung der Nahrungsstoffe (49) bezeichnet und von ihm bereits "als Verlust an Energie, als einfache, direkte Bildung von Wärme bei dem Prozeß der Umwandlung der Nährstoffe bis zu eigentlicher Zellernährung" (64) gedeutet. Die größte spezifische-dynamische Wirkung kommt den Eiweißen zu. Bei Zufuhr von 100 Kcal durch Eiweiß steigt der Umsatz um 30 Kcal, bei Kohlenhydraten und Fetten dagegen nur um 6 bzw. 4 Kcal (47). Die mittlere spezifisch-dynamische Wirkung einer durchschnittlichen Mahlzeit einer normal ernährten Person beträgt 5-6% (79). Die Steigerung des Umsatzes nach Nahrungsaufnahme erreicht das Maximum bei Kohlenhydraten nach 20 bis 30 min, bei Eiweiß nach 3-4 Stunden und bei Fetten nach 5-6 Stunden (30) und dauert 8 und mehr Stunden an. Dagegen tritt eine Senkung des Grundumsatzes bei Nahrungskarenz erst im Laufe von 2-3 Tagen ein. Zwischen dem Beginn der Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz und dem ersten Versuchszeitpunkt liegt ein Zeitraum von 8 Stunden. Damit werden die Ergebnisse noch durch die spezifisch-dynamische Wirkung der Nahrungsstoffe beeinflusst und liegen vergleichsweise höher als um 24 bzw. 10 Uhr. Außerdem ist der Energieumsatz auch bei Nahrungskarenz Tagesschwankungen unterworfen und steigt im Laufe des Tages mäßig an (30). Bemerkenswert ist noch die Tatsache, daß der 24 Uhr-Wert, wenn auch statistisch unauffällig, deutlich unter dem 10 Uhr-Ergebnis liegt, dem möglicherweise ein stoffwechselabhängiger Mechanismus zugrunde liegt.

Bezüglich des Kalorienverbrauchs pro kg Körpergewicht und Tag wurden bei einem mittleren Körpergewicht von 74,09 kg Werte von 28,6, 27,2 und 28,0 Kcal/kg. Tag gefunden. Dies entspricht 0,017, 0,0189 und 0,0199 Kcal/kg. min. Zum Ver-

gleich: nach Truniger (76) beträgt der Kalorische Bedarf in Ruhe 25-30 Kcal/kg. Tag und Pencev (60) fand für liegende Personen 0,018 Kcal/kg. min.

Es darf nicht übersehen werden, daß die Probanden etwa $\frac{1}{3}$ der Versuchszeit schlafend verbringen, und der tatsächliche Energieumsatz möglicherweise niedriger als der bestimmte liegt. Dazu berichtet Ashworth, daß sich bei Messungen von 22-6 Uhr, jeweils alle 2 Stunden, keine signifikanten Unterschiede ergeben haben (5), während Passmore in Kurzzeitversuchen ein Absinken um 7-10% unter den Grundumsatz fand, jedoch gleichzeitig die Vermutung äußerte, daß bei längerer Versuchsdauer die Ergebnisse in der Nähe des Grundumsatzes gelegen hätten (59). Somit dürfte zwischen tatsächlichem und bestimmten Energieumsatz kein wesentlicher Unterschied bestehen.

Es kann festgestellt werden, daß die Ergebnisse dieser Arbeit mit den Literaturangaben übereinstimmen oder nur geringfügig abweichen. Ein gesunder Mann von 25 Jahren, 175cm Größe und 75 kg Körpergewicht verbrennt bei völliger Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz etwa 2000 bis 2100 Kcal/Tag oder 28,0 Kcal/kg. Tag bzw. 0,0195 Kcal/kg. min. Der Mittelwert des Sollumsatzes für die Versuchsgruppe beträgt nach Kestner-Knippling durch Gewicht, Größe, Alter und Geschlecht 1804,6 Kcal pro Tag. Das ergibt für den Energieumsatz eine mittlere Abweichung von + 17,53% um 20 Uhr, von 11,64% um 24 Uhr und von 15,49% um 10 Uhr. Eine vergleichbare Abweichung beschreibt Jähne bei Untersuchungen an 65 Patienten im mittleren Lebensalter, die mindestens 12 Stunden vor der Untersuchung keine Nahrung peroral oder Eiweißinfusionen mehr erhielten und eine mittlere Abweichung von + 10,3% des Sollwertes aufwiesen (40). Das unterstreicht die Forderung, daß bei Substitution die insgesamt angeführte Kalorienmenge

derjenigen des Grundumsatzes zuzüglich 10 bis 30% entsprechen sollte (10).

Wie bereits erwähnt: bei einer gemischten Diät beträgt der RQ durchschnittlich 0,82 (71), während er bei mindestens 12 stündiger Nahrungskarenz bei 0,83 liegt (40). Zum Vergleich wurden bei dieser Untersuchung Werte von 0,808, 0,794 und 0,786 als Mittelwerte berechnet. Die Ergebnisse sind statistisch unauffällig, dennoch ist eine deutliche Abnahme bemerkenswert. Wie wir noch sehen werden, ist bei Nahrungskarenz der kalorische Anteil der Fettverbrennung ungewöhnlich hoch und mit seinem niedrigen RQ wahrscheinlich der Hauptgrund für die allmähliche Abnahme.

Säure-Basen-Haushalt

Die Ergebnisse der eigenen Untersuchung liegen in der Nähe der von Astrup angegebenen Mittelwerte und die Einzelmessungen innerhalb der geforderten Grenzen. Das bedeutet, daß bei der Energieumsatzmessung keine respiratorische Störung vorlag, d.h. eine Hyper- oder Hypoventilation als mögliche Hauptfehlerquelle bei der Umsatzbestimmung ausgeschlossen werden kann. Weiterhin muß festgestellt werden, daß die Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz keinen oder nur einen sehr geringen Einfluß auf den Säure-Basen-Haushalt ausübt und dieser auch keinen systematischen Tagesschwankungen unterworfen ist, was durch Untersuchungen von Rune bestätigt wird (66).

Flüssigkeitshaushalt und Elektrolyte im Urin

Im Karenzzeitraum von 22 Stunden sinkt die ausgeschiedene Urinmenge im 2. Versuchsabschnitt von 435,0 ml/12 Std. auf 199,5 ml/10 Std. hochsignifikant ab. Diese Einschränkung ist als das Ergebnis eines Wassersparmechanismus anzusehen, der bei fehlender Flüssigkeitszufuhr einsetzt. Die Gegenregulierung der Niere ist als Zeichen für eine ausreichende Funktionstüchtigkeit zu beurteilen. Eine in ihrer Funktion stärkergradig eingeschränkte Niere würde einer größeren Wassermenge zur Ausscheidung der Harnpflichtigen Substanzen bedürfen. Der Gewichtsverlust beträgt während der gesamten Versuchsdauer 1,32 kg. Die Differenz von Gewichtsverlust und Urinmenge ergibt die Perspiratio insensibilis, die zu 685 ml/22 Std. bzw. zu 0,42 ml/kg mal Std. bestimmt wurde. Die Ergebnisse zeigen deutlich, daß die Karenz keinen Einfluß auf die Perspiratio insensibilis ausübt, d.h. die Werte entsprechen den oben genannten Angaben der Literatur. Es hat also das Wasser für die Perspiratio insensibilis Vorrecht vor der renalen Ausscheidung.

Sowohl Lapedes (48), als auch Collier (21) beschreiben bei ihren Patienten eine starke Verminderung der Urinmenge und am 1. Tag eine starke Erhöhung von Osmolarität und spez. Gewicht. Die Veränderung des spezifischen Gewichts und der Osmolarität des Urins ermöglichen gute Aussagen über die Anpassungsfähigkeit der Niere an die Bedingungen der präoperativen Karenz. Wie aus Tabelle 7a und 7b weiter zu entnehmen ist, steigt das spezifische Gewicht des Urins von 1024,9 bis 1027,9 nicht signifikant an. Eine Erklärung dürfte darin zu finden sein, daß die Konzentrationsleistung der Niere bereits sehr frühzeitig einsetzt, was dadurch unterstrichen wird, daß im ersten Versuchszeitraum kein Wert

unter 1020 g/l liegt, dagegen bereits Höchstwerte von 1032 g/l erreicht werden. Nach Isaacson (38) ist die Bestimmung der Osmolarität dem spez. Gewicht vorzuziehen, da es als Maß der Konzentrationsfähigkeit genauer ist. Bei normaler Urinausscheidung ohne Eiweiß- und Zucker- verlust geben Miles u.a. (55) eine grobe lineare Beziehung zwischen spez. Gewicht und Osmolarität an. Nach einem Durstversuch von 14-18 Stunden erreichten ihre Probanden Osmolaritätswerte zwischen 935 und 1004 mosmol/l. Isaacson (34) erreichte bei jungen Medizinstudenten nach 18 Stunden ohne Flüssigkeitszufuhr Werte von 1027 mosmol pro Liter.

Wir beobachten einen statistisch auffälligen Anstieg von 832,0 auf 952,5 mosmol/l. Dies sind jedoch verhältnismäßig niedrige Werte, wenn man davon ausgeht, daß nach Lang (45) und Kuschinsky (44) die maximale Konzentrationsfähigkeit im Harn 1400 mosmol/l beträgt. Es ist möglicherweise eine Folge der Nahrungskarenz, die durch Untersuchungen von Lang (45) bestätigt wird. Dieser hat festgestellt, daß bei üblicher Ernährung etwa 1000-1200 mosmol/Tag entfernt werden müssen, während die Ausscheidung bei völliger Nahrungskarenz auf etwa 800 mosmol/Tag absinkt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, daß es bei fehlender Zufuhr trotzdem zu einer bedeutenden Elektrolytausscheidung mit dem Urin kommt, wobei eine erhebliche individuelle Schwankung der Einzelwerte auffällt. Allein die Konzentrationen im Urin geben noch keine Auskunft über die Höhe des Verlustes, sondern diese wird erst durch Multiplikation mit der Urinmenge bestimmt. Dagegen ermöglicht die Konzentration eine Aussage über die Konzentrationsleistung der Niere, sowie spez. Gewicht, Osmolarität und Urinmenge.

Aufgrund unserer Berechnungen konnten wir einen signifikanten Abfall der Na-Konzentration im Urin von 189,7 auf 121,7 mval/l, ebenso eine signifikante Verminderung der Na⁺-Ausscheidung von 80,8 mval/12Std. bzw. 6,8 mval/Std. auf 25,0 mval/10Std. bzw. 2,5 mval/Std. feststellen. Die Na⁺-Gesamtausscheidung beträgt 105,8 mval/22 Std. und liegt damit an der unteren Grenze des Normalen.

Bei der Untersuchung für die K⁺-Konzentration fanden wir Werte von 90,2 und 71,9 mval/l und damit keinen auffälligen Unterschied. Dagegen ist ein signifikanter Abfall der K⁺-Ausscheidung von 39,0 mval pro 12 Std. bzw. 3,3 mval/Std. auf 14,1 mval/10Std. bzw. 1,4 mval/Std. bemerkenswert. Die K⁺-Gesamtausscheidung beträgt 53,1 mval pro 22 Std., liegt also im Normalbereich.

Die signifikante Ausscheidungsverminderung von Na⁺ und K⁺ im 2. Versuchszeitraum ist - bedingt durch Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz - für Na⁺ auf einen Sparmechanismus zurückzuführen. Gömöri u.a. (28) fanden nach Durstexperimenten eine verstärkte Ausschüttung von Aldosteron; durch diese physiologische Regulation, die auch bei unseren gesunden Versuchspersonen anzunehmen ist, kann der Na⁺-Bestand des Körpers bei Gefahr von Verlusten erhalten werden. Bestätigt wird dieses Ergebnis durch Arbeiten von Schütte (69), der feststellen konnte, daß ein Na⁺-Mangel nur durch übermäßige Verluste oder bei gestörter Nierenfunktion hervorgerufen werden kann und nicht allein schon bei mangelnder Zufuhr eintritt. Ein Sparmechanismus für K⁺ ist bisher nicht bekannt. Deshalb kann bei der mangelnden Zufuhr und dem geringen normalen extrazellulären K⁺-Bestand von etwa 70 bis 80 mval angenommen werden, daß bereits eine extrazelluläre K⁺-Verarmung eingetreten ist und eine Ausscheidungsverminderung bewirkt. Eine andere Erklärung ist durch die Ausführungen von Kuschinsky (44) anzunehmen, der darin feststellt,

daß die K^+ -Ausscheidung entsprechend vermindert wird, wenn im distalen Tubulus kein Na^+ zum Ionenaustausch zur Verfügung steht.

Bei dem Vergleich der Na^+ -Ausscheidung mit der K^+ -Ausscheidung mit Hilfe des Na^+/K^+ -Quotienten ist zu erkennen, daß bei Werten von 2,54 und 1,96 kein signifikanter Unterschied besteht. Die K^+ -Ausscheidung sinkt fast parallel zur Na^+ -Ausscheidung. Lang (45) führt an, daß zwar eine zu geringe Zufuhr an Na^+ und K^+ das Wachstum erheblich vermindert, daß jedoch bei einer ausreichenden Gabe die Relation beider Ionen keine große Rolle mehr spielt.

Harnpflichtige Stickstoff-Substanzen

Die Konzentration von Harnstoff (2008,0-3111,0 mg%) nimmt auffällig zu und die Konzentrationen von Kreatinin (235,3 bis 463,5 mg%) und Gesamt-Stickstoff (1184,5-1807,0 mg%) während der beiden Versuchszeiträume nehmen signifikant zu. Für die α -Aminosäuren-N-Konzentration (88,2-69,0 mg%) ergibt sich kein wesentlicher Unterschied. Anders jedoch bei der Gesamtausscheidung: hier ist eine auffällige Abnahme für α -Aminosäuren-N (435,3-142,0 mg) und signifikante Abnahme für Gesamt-N (4983,2-3527,6) zu verzeichnen. Für Harnstoff (8394,0-6103,0 mg) und Kreatinin (958,2-875,7 mg) kann diese Feststellung allerdings nicht getroffen werden, wenngleich eine deutliche Abnahme für Harnstoff festzustellen ist. Die Gründe für dieses unterschiedliche Verhalten müssen in der Stoffwechselherkunft der verschiedenen Substanzen, sowie unseren Versuchsbedingungen gesucht werden. Wie bereits erwähnt, ist die Harnstoffmenge als Endprodukt des Eiweißstoffwechsels, wenn keine Veränderungen der Körpersubstanz auftreten, von der Nahrungseiweißaufnahme abhängig. Damit

wird die Abnahme der Ausscheidung bei Nahrungskarenz im 2. Versuchszeitraum verständlich. Das Ergebnis dieser Arbeit liegt mit 14,5 g/22 Std. unter dem Normalbereich.

Erwähnt werden soll noch die Feststellung von McCauce und Young (67), daß bei 3 bis 4-tägiger Trockenkost der Harnstoff am ersten Tag verringert und an den folgenden Tagen erhöht war. Unser 22-stündiger Zeitraum läßt in dieser Beziehung keine Aussage zu.

Die gefundenen Werte dieser Arbeit bezüglich der Kreatinin-ausscheidung bestätigen die Angaben der Literatur. Die Ausscheidung ist nahezu konstant, insbesondere, wenn berücksichtigt wird, daß die 2. Versuchsperiode gegenüber der ersten um 2 Stunden verkürzt ist. Die Gesamtausscheidung beträgt 1,83 g/22 Std. oder 24,7 mg/kg Körpergewicht · 22 Std. und liegt damit im mittleren Bereich der von Ryan u.a. - oben genannten - ermittelten Werte. Damit darf festgestellt werden, daß Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz über eine Dauer von etwa 1 Tag keinen Einfluß auf die Kreatininausscheidung ausüben. Entsprechend dem Ergebnis von Bedö u.a. (11), der - wie bereits erwähnt - bei Nahrungskarenz einen N-Verlust von 9 g N/die feststellen konnte, ermittelten wir einen Wert von 8,5 g N/22 Std., mit einer signifikanten Abnahme der Ausscheidung in der 2. Versuchsperiode. Damit wird die Abhängigkeit der N-Ausscheidung von der Nahrungszufuhr bestätigt.

Hinsichtlich des Quotienten von K^+ und Gesamt-Stickstoff fanden wir für den gesamten Versuchszeitraum eine Ausscheidung von 6,33 mval K^+ pro g Gesamt-N, also gegenüber dem oben genannten Wert von Danowski (19) ein mehr als doppelt so hohes Ergebnis. Die Ursache ist darin zu suchen, daß die

K⁺-Ausscheidung bei Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz nicht im gleichen Maße vermindert wird wie die Gesamt-N-Ausscheidung. Für unsere Versuchsgruppe wurde ein α -Aminosäuren-N-Verlust von 547 mg/22 Std. gefunden. Dabei nahm die Ausscheidung im 2. Versuchszeitraum statistisch auffällig ab. Dies scheint die unmittelbare Folge der Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz zu sein, auch wenn Lang (77) feststellt, daß die Höhe der Eiweißzufuhr auf die ausgeschiedene Menge der Aminosäuren nur einen geringen Einfluß ausübt. Auffallend ist der prozentuale Anteil der α -Aminosäuren-N-Ausscheidung an der Gesamt-N-Ausscheidung von 8,7 bzw. 4,0%. Diese Werte liegen erheblich über den Literaturangaben und entsprechen eher den Ergebnissen von Bedö (11). Möglicherweise liegt auch hier die Ursache in der Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz.

Der statistisch auffällige Anstieg der Konzentration von Harnstoff und signifikante Konzentrationsanstieg von Kreatinin und Gesamt-Stickstoff im 2. Versuchszeitraum ist als erwartungsgemäße Konzentrationsleistung der Niere aufzufassen. Eine statistisch auffällige Verminderung der α -Aminosäuren-N-Ausscheidung verhindert einen ähnlichen Konzentrationsanstieg für diesen Stoff

In dieser Arbeit wurde unter dem besonderen Aspekt der Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz über 22 Stunden der Stoffwechsel in Ruhe bestimmt. Bisher konnten in der durchgesehenen Literatur keine Vergleichswerte unter ähnlichen Voraussetzungen entnommen werden.

Die Eiweißverbrennung im Karenzzeitraum war bei den einzelnen Versuchspersonen erheblichen Schwankungen unterworfen. Es wurden Werte zwischen maximal 96,5 $\pm$ 18,20 Cal% und minimal 36,2 g $\pm$ 7,54 Cal% bei einem Mittelwert von 57,6 g $\pm$ 11,42 Cal% gefunden. Jedoch deuten die vergleichsweise ge-

ringen Standardabweichungen von 14,79 g Eiweiß bzw. 2,894 Cal% auf eine gewisse Konstanz hin. Die unterschiedlichen Ergebnisse sind sicherlich zu einem Großteil von der Nahrungszusammensetzung vor Versuchsbeginn abhängig, worauf schon die signifikant vermehrte Ausscheidung von Gesamt-Stickstoff und α -Aminosäuren-Stickstoff im 1. Versuchszeitraum hinweisen. Bei einer Eiweißverbrennung von 57,6 g/Tag ergibt sich bei einem mittleren Körpergewicht von 74,09 kg ein Verbrauch von 0,86 g Eiweiß/kg Körpergewicht · Tag. Schubert (34) fordert intravenöse Substitution von 1 g Eiweiß/kg Körpergewicht und Bransel (16) spezifiziert die wünschenswerte Eiweißzufuhr nach Alter bei 20 jährigen 1,09 g/kg, 21 jährigen 1,05 g/kg und 22-30 jährigen 1,00 g/kg. Die ermittelten Werte dieser Versuchsreihe liegen insgesamt deutlich unter den Literaturangaben unter Normalbedingungen. Das Ergebnis ist eine erhebliche Reduktion des Eiweißstoffwechsels bei Nahrungskarenz. Es bestätigt damit die Untersuchungen von Ditschuneit (24) und widerlegt die Ausführungen von Cremer (22). Dies gilt natürlich nur für die ersten 24 Stunden Karenz.

Der stärksten Stoffwechselreduktion bei Nahrungskarenz unterliegen die Kohlenhydrate. Ihr Anteil beläuft sich bei dieser Versuchsgruppe auf 142,3 g $\geq$ 28,40 Cal% im Mittel, mit maximal 245,1 g $\geq$ 50,18 Cal% und minimal 23,2g $\geq$ 4,61 Cal%. Diese Werte verdeutlichen die von allen Autoren angegebene Unsicherheit der adäquaten Substitution.

Bäbler et al. (10) halten unter Normalbedingungen eine Zufuhr von 250 g/die für wünschenswert, mindestens jedoch 100 g/Tag. Siegenthaler (71) empfiehlt eine KH-Zufuhr von 500 Cal/die $\geq$ 122 g. Die Unsicherheit wird unterstrichen durch das bereits erwähnte Ergebnis von Lutz (52) bei 4 jähriger annähernd kohlenhydratfreier Kost mit gutem Erfolg.

Außerdem konnten Berg und Mitarbeiter (12) feststellen, daß die Versuchspersonen bei parenteraler Ernährung weniger KH verbrannten, als es der Zufuhr entsprach. Sie nehmen an, daß die Kohlenhydrate in Fett übergehen, gespeichert und dann als Fett verbrannt werden.

Die Verminderung des Eiweiß- und Kohlenhydratstoffwechsels bedingt zwangsläufig einen Anstieg des Fettumsatzes. Dieser erreicht in unseren Untersuchungen im Mittel 133,8g entsprechend 60,20 Cal% mit Extremen von $183,6 \text{ g} \leq 82,57 \text{ Cal\%}$ und $79,8 \text{ g} \geq 37,03 \text{ Cal\%}$. Das Ergebnis bestätigt wiederum die Angaben von Ditschuneit (24), daß bei Nahrungskarenz der Energiehaushalt vorwiegend durch die Verbrennung von Fettsäuren bestritten wird. Bei unseren Meßwerten war ein Anstieg auf das Doppelte der Norm zu verzeichnen. Trotz Erhöhung des kalorischen Anteils bis zu 82%, bleibt der Säure-Basen-Haushalt ohne wesentliche Störungen der Einzelfractionen (P CO_2 , Standard-Bikarbonat, Pufferbasen, Basen-Überschuß) voll kompensiert. Auch hier wird wieder die Schwierigkeit der Empfehlung einer angemessenen Fettzufuhr deutlich. Alle Autoren empfehlen einheitlich zur oralen und parenteralen Substitution etwa 30 Cal%. Sie ist jedoch nach Bäßler et al. (10) nicht obligat. Lediglich die Gabe von essentiellen Fettsäuren muß bei lang dauernder, parenteraler Ernährung berücksichtigt werden.

Die insgesamt umgesetzte Nahrung schwankt zwischen Werten von 387,8 g und 271,6 g und liegt im Mittel bei 333,8 g. Sie liegt damit entsprechend dem reduzierten Energiehaushalt erwartungsgemäß deutlich unter den Literaturangaben für Normalbedingungen. Der erniedrigte Umsatz hat zwangsläufig eine Verminderung des bei der Nahrungsstoffverbrennung entstehenden Oxydationswasser zur Folge. In den Grenzen von 269 und 205 ml liegt der Mittelwert bei 244,9 ml. An dieser Stelle

sei noch erwähnt, daß bei ungenügender Nahrungszufuhr eine endogene H_2O -Bildung und Freisetzung von intrazellulärem Wasser durch Einschmelzung von Gewebe erfolgt (71).

Die Untersuchungen dieser Arbeit und ihre Ergebnisse gehen von der Voraussetzung aus, daß die eingehaltenen Bedingungen im hohen Maße der operativen Vorbereitungsperiode entsprechen. Somit liefern die ermittelten Meßwerte die Möglichkeit der optimalen Energiesubstitution der Nahrungsbestandteile Eiweiß, Kohlenhydrate und Fette, sowie den Bilanzausgleich von Flüssigkeits- und Elektrolythaushalt prä- oder postoperativ für den Karenzzeitraum.

F: SCHLUßFOLGERUNG

1. Energiehaushalt

Die Mittelwerte $\bar{x}$ weisen mit 2122,9 Cal (s = 165,8 Cal) um 20 Uhr, 2013,6 Cal (s = 130,3 Cal) um 24 Uhr und 2078,3 Cal (s = 158,0 Cal) um 10 Uhr keinesignifikanten Unterschiede auf. Somit verbrennt ein gesunder Mann von 25 Jahren, 175 cm Größe und 75 kg Körpergewicht etwa 2000 bis 2100 Cal / die oder 28,0 Cal/kg und Tag bzw. 0,0195 Cal/kg und min. Als mittlere Abweichung zum Grundumsatz ergaben sich Werte von 17,53%, 11,64% und 15,49%. Das entspricht recht genau der Höhe

des Ruheumsatzes = Grundumsatz + 15%. Kurzzeitige Nahrung- und Flüssigkeitskarenz üben also keinen Einfluß auf die Höhe des Energieumsatzes aus.

2. Eiweiß-, Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel

Ganz anders verhält es sich mit der anteiligen Verbrennung der Nahrungsstoffe am Grundumsatz. Eiweiß- und Kohlenhydratumsatz sinken auf durchschnittliche Werte von 11,42 Cal% bzw. 28,40 Cal%, während die Fettverbrennung mit 60,20 Cal% auf das Doppelte der Norm ansteigt. Insgesamt wurden im Mittel 57,6 g Eiweiß, 142,28 KH und 133,8 g Fette entsprechend einer Gesamtmenge von 333,8 g verbrannt. Diese ist bei der eingehaltenen Nahrungskarenz erwartungsgemäß erniedrigt.

Die auffällige Abnahme des α -Aminosäuren-stickstoffs und signifikante Abnahme des Gesamtstickstoffs als Endprodukt des Eiweißstoffwechsels im 2. Versuchszeitraum von 24-10 Uhr deutet auf eine erhebliche Einschränkung des Eiweißumsatzes in diesem Abschnitt hin. Daraus muß geschlossen werden, daß die Eiweißverbrennung während dieser Zeit unter den 11,42 Cal% liegt, da der Gesamtumsatz unverändert bleibt.

Die Harnstoffausscheidung sinkt statistisch nicht nachweisbar nur geringfügig und erscheint damit als unbrauchbarer Indikator bei kurzfristigen Änderungen der Stoffwechsellage. Dies gilt ebenso für die Kreatininausscheidung, die bekanntermaßen vorwiegend von der Masse der intakten Muskulatur abhängig ist.

3. Säure-Basen-Haushalt

Die fast konstanten Werte für P_{CO_2} , Standard-Bikarbonat, Pufferbasen und Basenüberschuß liegen alle exakt im Bereich der Norm. Das bedeutet, daß bei der Energieumsatzmessung eine respiratorische Störung im Sinne einer Hyper- oder Hypoventilation als mögliche Hauptfehlerquelle bei der Umsatzbestimmung ausgeschlossen werden kann. Gleichzeitig können wir feststellen, daß auch eine ketotische Verbrennung von Fett bis 80 Cal% keinen Einfluß auf das Säure-Basen-Gleichgewicht ausübt.

4. Elektrolythaushalt

Trotz fehlender Zufuhr kommt es mit erheblichen individuellen Schwankungen zu einer bedeutenden Elektrolytausscheidung von Na und K im Urin. Sie betragen für Na^+ 105,8 mval und für K^+ 53,1 mval für die gesamte Dauer des Versuchs. Dabei fällt jedoch eine signifikante Abnahme für Na^+ von 80,8 auf 25,0 mval und K^+ von 39,0 auf 14,1 mval auf. Die Ausscheidungsverminderung von Na^+ ist auf einen Sparmechanismus zurückzuführen. Dieser ist für K^+ bisher nicht bekannt; deshalb muß angenommen werden, daß bei dem geringen normalen extrazellulären K^+ -Bestand von etwa 70-80 mval bereits eine extrazelluläre K^+ -Verarmung eingetreten ist und eine Abnahme bewirkt.

5. Flüssigkeitshaushalt

Im Karenzzeitraum von 22 Stunden sinkt die ausgeschiedene Urinmenge bei unseren gesunden Versuchspersonen erwartungsgemäß im 2. Versuchsabschnitt von 435,0 ml/12 Std.

auf 199,5ml/10 Std. entsprechend 36,25ml/Std. bzw. 19,95ml/Std. ab. Dagegen liegt die Perspiratio insensibilis mit 685ml/22 Std. bzw. 0,42 ml/kg. Std. an der unteren Grenze des Normbereichs. Das veranschaulicht eindrucksvoll, daß die Wasserabgabe über Lunge und Haut Vorrecht hat.

Unter ständiger Berücksichtigung, daß alle Daten bei gesunden, jungen, männlichen Versuchspersonen ermittelt wurden, ergeben sich folgende Anhaltspunkte zur Kohlenhydrat- und Eiweißsubstitution, sowie zum Ausgleich des Wasser- und Elektrolythaushaltes für den präoperativen Karenzzeitraum.

- a.) Kohlenhydrate 6,4 g/Std. Karenzzeit
- b.) Eiweiß 2,6 g Aminosäuren/Std. Karenzzeit
- c.) Elektrolyte
 - Na 4,8 mval/Std. Karenzzeit
 - K 2,4 mval/Std. Karenzzeit
- d.) Flüssigkeitsverlust 60 ml/Std. Karenzzeit

G: ZUSAMMENFASSUNG

Ausgehend von den Untersuchungen, wie hoch bei 20 jungen, gesunden, männlichen und freiwilligen Versuchspersonen der Energieverbrauch, die anteilige Verbrennung von Kohlenhydraten, Eiweiß und Fetten, sowie der Wasser- und Elektrolytverlust bei absoluter Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz über 22 Stunden in Ruhe ist, kann eine Infusionslösung angegeben werden, die geeignet ist, die Verluste dem Patienten bei präoperativer Karenz vollständig zu ersetzen. Es muß darauf hingewiesen werden, daß eine Substitution der Fettverbrennung für kurze Zeiträume nicht erforderlich ist, dagegen ist diese für Kohlenhydrate und Eiweiß indiziert. Die Leber reagiert bereits frühzeitig empfindlich auf einen Kohlenhydratmangel, so daß durch zusätzliche Anwendung von Narkotika Schäden auftreten können. Ebenso werden die Enzymsysteme des Körpers durch Eiweißmangel negativ beeinflußt.

Es wird folgende Bedarfsdeckung vorgeschlagen:

- | | | |
|----|--------------------|-----------------------------|
| 1. | Aminosäurenlösung | 4,3 % ig |
| 2. | Kohlenhydratlösung | 10,7 % ig |
| 3. | Elektrolyte | Na 80 mval/l
K 40 mval/l |
| 4. | Dosierung | 60 ml/Std. Karenzzeit |

H: LITERATURHINWEISE

1. ABBOTT, W.E.; S. LEVEY; H. KRIEGER: Metabolic changes in Surgical Patients in Relation to water, electrolytes, nitrogen and caloric intake, Metabolism 6, 847-61 (1959)
2. ABDERHALDEN, E.: Die Grundlagen unserer Ernährung und unseres Stoffwechsels, Alfred-Kröner-Verl., Bern, 26 (1946)
3. AEBI, H.: Möglichkeiten zur biochemischen Feststellung des Ernährungszustandes in Klinische Ernährungslehre, Vorträge und Diskussionen 17.4.1963, Dr. Dietrich-Steinkopf-Verl. Darmstadt, 26 (1964)
4. ARNOLD, O.H.: Die Bedeutung des Ionenstoffwechsels für die Praxis unter besonderer Berücksichtigung des Natrium-, Kalium- und Calciumstoffwechsels in Medizin und Ernährung, Georg Thieme Verl. Stuttgart 4, 73-76, (1961)
5. ASHWORTH, A.: An investigation of very low caloric intakes reported in Jamaica. Brit. J. of. Nutr. 22 Cambridge, 341-55 (1968)
6. ASTRUP, P.: A simple electrometric technique for the determination of carbon dioxide tension in blood and plasma, total content of carbon dioxide in plasma and bicarbonate content in "separated" plasma at a fixed carbon dioxide tension (40mm Hg) Scand. J. clin. Lab. Invest 8, 33, (1956)

7. ASTRUP, P.; K. JØRGENSEN; O. SIGGAARD-ANDERSEN;
K. ENGEL: Säure-Basen-Stoffwechsel, Eine neue Darstellung, Lancet 1960
8. ASTRUP, P.; O. SIGGAARD-ANDERSEN: Micromethods for measuring acid-base values of blood. Advanc. clin. Chem. 6, 1, (1963)
9. BANERJEE, S.; R.C. BHATTACHARJEE: Interrelations of the basal metabolic rate and the body composition in adult male and female medical students. Ind. J. of Med. Res. 55 Calcutta, 451-58 (1967)
10. BÄBLER, K.H. ET AL.: Empfehlungen zur parenteralen Ernährung in Medizin und Ernährung, Lochham 3, 66-70 (1966)
11. BEDÖ, M.; G. FÖLDVARY: Untersuchungen über den Eiweiß- und den Elektrolytstoffwechsel nach Bruchoperationen in Medizin und Ernährung, Lochham 12, 274-77 (1967)
12. BERG, G.; H. HANN; H. PUSICHA: Umsatzmessungen mittels indirekter Calorimetrie bei parenteraler Ernährung in Medizin und Ernährung, Lochham 12, 265-68 (1967)
13. BLAND, J.H.: Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes, Georg Thieme Verl., Stuttgart (1959)
14. BOEHRINGER-MANNHEIM G.m.b.H.: Test-Fibel, Harnstoff, 1. Aufl. Boehringer-Mannheim G.m.b.H. (1971)
15. BORNEFF, J.: Hygiene, Georg Thieme Verl., Stuttgart, 189 (1971)

16. BRAMSEL, H.: Zum Eiweißverbrauch in deutschen Haushaltungen, in Medizin und Ernährung, Georg Thieme Verl., Stuttgart 4, 81-85 (1964)
17. BRICKER, N.S.; S. KLAHR: Treatment of disorders of acid-base metabolism in: Modern Treatment, Harper u. Row, New York (1968)
18. CARSTENSEN, E.: Infusionstherapie und parenterale Ernährung in der Chirurgie, Schattauer-Verl., Stuttgart, 7 (1964)
19. CARSTENSEN, E.: Wissenschaftliches Beiblatt zur Materia Medica, Nordmark, Uetersen (1961)
20. CAVALLI SFORZA, L.: Grundbegriffe der Biometrie, Gustav-Fischer-Verl., Stuttgart, 17-22 (1964)
21. COLLIER, F.A.; W.G. MADDOCK: Study of Dehydration in Humans, Ann. Surg. 102, 947 (1935)
22. CREMER, H.D.: Fett und Eiweiß in der Ernährung des gesunden und kranken Menschen, Hamburg - Berlin, 80-88 (1960)
23. DAVIDSON, S.; R. PASSMORE: Human nutrition and dietetics 3. Aufl. Livingstone, London (1966)
24. DITSCHUNEIT, H.: Der Stoffwechsel bei Fettsucht und bei komplettem Fasten., in Medizin und Ernährung, Georg Thieme-Verl., Stuttgart 8, 169-77 (1971)
25. DOSSETOR, J.B.; H.M. GORMANN; J.C. BECK: The diurnal Rhythm of Urinary Electrolyte Excretion Observations in normal subjects, Metabolism 12, 1082-99 (1963)

26. EDWARDS, O.M.; R.J.S. BAYLISS; S. MILLEN: Urinary Creatinine Excretion as an Index of the Completeness of 24-Hour-Urin-Collections, Lancet II, 1165 (1966)
27. GEIGY AG: Documenta Geigy, Wissenschaftliche Tabellen, 6. Aufl. J.R. Geigy AG, Basel, 591-97 (1960)
28. GÖMÖRI, P.; E. GLAZ ET AL.: Aldosterone and Hydrocortisone Secretion in Dehydration, Lancet I, 259 (1960)
29. GÖPFERT, H.: Die kritische Beurteilung der Meßresultate bei Bestimmung des Grundumsatzes, Hartmann u. Braun AG, Frankfurt/Main
30. GÖPFERT, H.: Physiologische Richtlinien bei Grundumsatzbestimmungen mit offenem System, Hartmann u. Braun AG, Frankfurt/Main, 11
31. GRÄFE, H.-K.: Optimaler Ernährungsvorschlag für vorwiegend geistig Tätige mit begründeten Mahlzeitfolgen Med. Klin. 56, 1260-67 (1961)
32. GRÄFE, H.-K.; I. RÄKE: Ernährungsbedarfsvorschlag der Niederlande, in Ernährungsforschung Akademie Verl. Berlin VIII, 4, 693 (1963)
33. HARRIS, BENEDICT: A Biometric Study of Basal Metabolism in Man, Publication No. 279 of the Carnegie Institution of Washington (1919)
34. HEGEMANN, G.: Ernährungsprobleme bei chirurgisch Kranken in Parenterale- und Sonderernährung 9. Symposium Mainz 1962, Steinkopf-Verl., Darmstadt, 61-84 (1963)

35. HENNING, N.: Klinische Laboratoriumsdiagnostik 2. Aufl. Urban u. Schwarzenberg-Verl., München u. Berlin (1960)
36. HOPPE-SEYLER, F.; H. THIERFELDER: Handbuch der physiologischen und pathologisch-chem. Analyse, Band V, Springer-Verl., Berlin-Göttingen-Heidelberg, 183 (1953)
37. HUTSCHENREUTHER, K.: Prä- und postoperative Infusionstherapie, Bull. Soc. Sci. med. Luxemburg 103, 73 (1966)
38. ISAACSON, L.C.: Urinary Osmolarity and Specific Gravity Lancet I, 72 (1959)
39. ISAACSON, L.C.: Urinary Osmolarity in Thirsting Normal Subjects, Lancet I, 467 (1960)
40. JÄHNE, S.; H. BÜNTE: Der Kohlenhydrat-, Fett- und Eiweißumsatz nach chirurgischen Operationen, in Medizin und Ernährung Lochham 3, 66-70 (1966)
41. JELLINEK, E.M.; J.M. LOONEY: Statistics of some biochemical variables on healthy men in age range of 20 to 40 years, Biol. chem. 128, 621 (1939)
42. KLEIBER, M.: Energiehaushalt von Mensch und Haustier Hamburg, 40 (1967)
43. KRAUT, H.: Untersuchungen über den Bedarf des Menschen an Calcium und Phosphor in Beziehung zum Stickstoff-Bedarf, Köln und Opladen, 8-12 (1966)
44. KUSCHINSKY, G.; H. LÜLLMANN: Kurzes Lehrbuch der Pharmakologie, Georg Thieme-Verl., Stuttgart (1970)
45. LANG, K.: Biochemie der Ernährung, Dietrich-Steinkopf-Verl., Darmstadt, 112 (1957)

46. LANG, K.: Die Ernährung, Springer-Verl., Berlin, 84 (1952)
47. LANG, K.; O. RANKE: Stoffwechsel und Ernährung Springer-Verl., Berlin, 45 (1950)
48. LAFIDES, J.; R.B. BOURNE; L.D. MAC LEAN: Clinical Signs of Dehydration and Extracellular Fluid Loss J. Amer. Med. Ass. 191, 413 (1965)
49. LAUTER, S.: Deutsches Archiv klinischer Medizin 50, 325 (1926)
50. LIEBIG, J. von: Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie, Braunschweig (1842)
51. LUDWIG, L.: Fett und Ernährung, Margarine Institut, 158-59 (1968)
52. LUTZ, W.: Vier Jahre ohne Kohlenhydrate, Bericht über einen Selbstversuch in Medizin und Ernährung, Georg Thieme-Verl., Stuttgart 3, 58-62 (1962)
53. MAC INTYRE, J.: Flame Photometry, Advance Clin. Chem. 4, 1 (1961)
54. MERCK, E.: Klinisches Labor der medizinisch-chemischen Untersuchungsmethoden, 11. Aufl. E. Merck, Darmstadt, 218-220, 434-436 (1970)
55. MILES, B.A.; A. PATON; H.E. DE WARDENER: Maximum Urine Concentration, Brit. med. J. 2, 901 (1954)
56. MITTENECKER, E.: Planung und statistische Auswertung von Experimenten, 7. Aufl., Franz Deuticke-Verl., Wien, 70-79 (1968)

57. MÜLLER-LIMMROTH, W.: Die Physiologie des Wasser- und Elektrolythaushalts, Hippokrates 39, 839 (1968),
58. NÖCKER, J.: Ernährung und körperliche Leistungsfähigkeit in Medizin und Ernährung, Falias-Verl. Lochham/München 6, 272-74 (1959/60)
59. PASSMORE, R. ET AL.: In Physiol. Rev., Washington DC 35, 801 (1955)
60. PENCEV, P.: Über die Bestimmung der Norm für den Ernährungsbedarf größerer Menschengruppen, in Ernährungsfor-schung VIII, Akademie-Verl. Berlin 4, 610 (1963)
61. POSE, G.; M. MÖHR; H.-A. KETZ: Empfehlungen für die tägliche Kalorien- und Nährstoffaufnahme für die Bevölkerung der Deutschen Demokratischen Republik, in Ernährungsfor-schung XV, Akademie-Verl. Berlin 1, 1-14 (1970)
62. PRECHT, K.: Elektrolyt- und Wasserhaushalt, in Nieren-diagnostik Jena, 156 (1967)
63. REIN, H.; M. SCHNEIDER: Physiologie des Menschen 15. Aufl. Springer-Verl. Berlin-Heidelberg-New York, 216-33 (1966)
64. RUBNER, M. v.: Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, 5. Band, Berlin, 138 (1928)
65. RUBNER, M. v.: Die Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung, Deuticke-Verl. Leipzig und Wien, 272 (1902)
66. RUNE, S.J.; N.A. LASSEN: Diurnal variations in the acid-base balance of blood, Scand. J. clin. Lab. Invest. 22, 151-56 (1968)

67. MIYAN, R.J.; J.D. WILLIAMS; B.M. ANSELL; L.M. BERNSTEIN:
The Relationship of Body-Composition to Oxygen Consumption and Creatinine Excretion in Healthy and Wasted Men in Metabolism 6, 365-77 (1957)
68. SCHUBERT, G.: Zur Genauigkeit der indirekten Calorimetrie in Aktuelle Probleme der Ernährung, Bibliotheca "Nutritio et Dieta", S. Karger-Verl., Basel - New York, 195-98 (1960)
69. SCHÜTTE, E.: Physiologie des Wasser- und Elektrolythaushalts, Wschr. med. Wschr. 109, 982 (1959)
70. SCHWARTZ, W.B.; A.S. REILMAN: A critique of the parameters used in the evaluation of acid-base-disorders. Whole-Blood, Puffer Base and Standard Bicarbonate compared with blood pH and plasma bicarbonate concentration. New Engl. J. Med. 268, 1382 (1936)
71. SIEGENTHALER, W.: Klinische Pathophysiologie, Georg Thieme-Verl. Stuttgart, 185-215 (1970)
72. SIGGAARD-ANDERSEN, O.; K. ENGEL: A new Acid-Base Nomogramm Scan. J. clin. Lab. Invests. 12, 177 (1960)
73. SINGER, R.B.; A.B. HASTINGS: An improved clinical method for the estimation of disturbances of the acid-base balance of human blood, Medicine, Baltimore 27, 23 (1948)
74. THEWS, G. ET AL.: Physiologisches Praktikum für Mediziner der Univ. Mainz, (1969)
75. TODHUNTER, E.N.: Development of knowledge in nutrition. II. Human experiments, J. Amer. diet. Assoc. 41, 4, 335ff (1962)

76. TRUNIGER, B.: Wasser- und Elektrolytfibel, Georg Thieme-Verl. Stuttgart, 118 (1969)
77. VESTERGAARD, P.; R. LEVERETT: Constancy of Urinary Creatinine Excretion, J. Lab. clin. Med. 51, 211 (1958)
78. VOIGT, K.D.; M.APOSTOLAKIS; H. JUNGMAHN: Stoffwechsel- und Kreislaufstudien bei absoluter Nahrungskarenz, Klin. Wschr. 45, 924 (1967)
79. ZÖLLNER, N.: Thannhausers Lehrbuch des Stoffwechsels und der Stoffwechselkrankheiten 2. Aufl., Georg Thieme-Verl., Stuttgart, 1-15 (1957)

11. August 1946 geboren in Twistringen/Krs. Hoya
als zweites Kind des Kaufmanns
Hermann Lange und seiner Ehefrau
Luise, geb. Stüve
- 1953 - 1957 Besuch der Volksschule Syke/Krs.
Hoya
- 1957 - 1962 Besuch des mathematisch-naturwis-
senschaftlichen Gymnasiums an der
Dechanatstraße, dem späteren Gym-
nasium an der Parsevalstraße in
Bremen
- 1963 - 1966 Besuch des mathematisch-naturwis-
senschaftlichen Max-Planck-Gymna-
siums in Dortmund; Abschluß mit dem
Abitur im Februar 1966
- April 1966 Beginn des medizinischen Studiums an
der Johannes-Gutenberg-Universität
in Mainz
- April 1967 Bestandenenes Vorphysikum
- März 1969 Bestandenenes Physikum
- 1972 Abschluß des medicin. Studiums mit dem
Staatsexamen vom 23.6.1972
- Sept. 1972- Medizinalassistentenzeit auf der in-
Sept. 1973 ternen und chirurgischen Abteilung des
Kreiskrankenhauses 298 Norden.
- Okt. 1973 Approbation

